



San Francisco

Plan Comunitario de Monitoreo del Aire

Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI)



junio de 2025

Preparado por Aclima, Inc.

en colaboración con SOMCAN y el Grupo de Expertos del Proyecto SMMI





La Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil forma parte de las Inversiones Climáticas de California, una iniciativa estatal que destina miles de millones de dólares del programa de Límite Máximo y Comercio (Cap-and-Trade) a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la economía y mejorar la salud pública y el medio ambiente, particularmente en las comunidades desfavorecidas.

Resumen

Este Plan de Monitoreo del Aire Comunitario se prepara bajo la Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI), un proyecto de la Junta de Recursos del Aire de California. La SMMI es un esfuerzo estatal para utilizar métodos de monitoreo móvil con el fin de recopilar un conjunto de datos exhaustivo de contaminantes criterio, contaminantes tóxicos del aire y gases de efecto invernadero. La SMMI es parte de las Inversiones Climáticas de California y tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la salud pública, particularmente en las comunidades desfavorecidas. La Junta de Recursos del Aire de California contrató a Aclima, Inc., una Corporación de Beneficio Público de California centrada en la tecnología de monitoreo del aire, para desarrollar e implementar Planes de Monitoreo del Aire Comunitario utilizando el monitoreo móvil en 64 Comunidades Consistentemente Nominadas (CNC), las cuales han sido nominadas para el programa de protección del aire comunitario, pero no han sido seleccionadas para participar. Se necesitan recursos para abordar la contaminación del aire en estas comunidades.

El propósito principal de la SMMI es proporcionar una mejor comprensión de la contaminación del aire en 64 CNC a través del monitoreo móvil siguiendo un plan de monitoreo del aire comunitario rigurosamente desarrollado y basado en una participación comunitaria eficaz e inclusiva.

El propósito de este Plan de Monitoreo del Aire Comunitario (CAMP) es describir el monitoreo móvil del aire que se llevará a cabo en respuesta a los problemas de calidad del aire identificados por el alcance comunitario en San Francisco e informar planes futuros y acciones comunitarias. Este CAMP describirá los objetivos de monitoreo que reflejan las preocupaciones de los residentes sobre dónde y qué contaminación es más impactante. Las voces de la comunidad dirigieron dónde se llevará a cabo el monitoreo móvil del aire, los objetivos del monitoreo y dónde se necesitan estudios de contaminación enfocados. Este proyecto también busca garantizar el intercambio integral de conocimientos e información relevantes y la colaboración con todas las partes interesadas de la comunidad para abordar las necesidades locales, y creará un portal de datos para que el público acceda y revise los datos recopilados.

Contenido

Resumen	3
Lista de Abreviaturas Utilizadas en el Plan de Monitoreo del Aire Comunitario	6
¿Cuáles son las razones principales para realizar el monitoreo del aire?	8
1. Enfoque de colaboración comunitaria	8
1.1 Roles y Responsabilidades del Equipo del Proyecto para las Alianzas Comunitarias	9
1.2 Recursos de la SMMI	9
1.2.1 Herramientas de participación	10
1.3 Reuniones comunitarias a nivel estatal	10
1.4 Participación durante y después del monitoreo	11
2. Indique el propósito específico de la comunidad para el monitoreo del aire	11
2.1 Perfil de la comunidad	12
2.2 Objetivos y enfoques en el monitoreo comunitario del aire	13
2.3 Motivaciones específicas de la comunidad para el monitoreo del aire	14
3. Alcance de las acciones	17
4. Objetivos del monitoreo del aire	18
4.1 Definir objetivos	18
4.2 Definir los métodos de monitoreo móvil para respaldar los objetivos	18
4.3 Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad	20
5. Funciones y responsabilidades del proyecto	21
¿Cómo se realizará el monitoreo?	24
6. Objetivos de calidad de los datos	24
7. Métodos y equipos de monitoreo	26
7.1 Equipos de monitoreo	26
7.2 Métodos de Monitoreo - Monitoreo de Área Amplia	27
7.3 Métodos de Monitoreo - Monitoreo de Área Específica	28
7.4 Fortalezas y limitaciones del monitoreo móvil	28
8. Monitoring Areas	29
8.1 Asignación de Millas Comunitarias	29
8.2 Cobertura del Monitoreo de Área Amplia	30
8.3 Monitoreo de Área Específica	31
9. Procedimientos de control de calidad	32
9.1 Procedimientos de Aseguramiento de la Calidad y Control de Aclima	33
10. Gestión de datos	35
10.1 Categorías y niveles de datos	35
10.2 Flujo de gestión de datos	36
10.3 Revisión de datos y aseguramiento de la calidad	37
10.4 Transferencia de datos	37
10.5 Visualización de datos	37

11. Plan de trabajo para la realización de mediciones de campo	37
11.1 Monitoreo de área amplia	38
11.1.1 Materiales y procedimientos de campo	38
11.1.2 Comunicación y coordinación	38
11.1.3 Cronograma: duración, frecuencia, hitos y plazos	39
11.2 Monitoreo de área específica	39
11.2.1 Materiales y procedimientos de campo	39
11.2.2 Comunicación y coordinación	39
11.2.3 Timeline: duration, frequency, milestones, and deadlines	39
¿Cómo se utilizarán los datos para tomar medidas?	39
12. Evaluación de la efectividad	39
12.1 Evaluación de la efectividad durante el período de monitoreo:	39
12.2 Evaluación de la efectividad al final del Período de Monitoreo:	41
12.3 Fin del Monitoreo	41
13. Análisis e interpretación de datos	42
13.1 Preparación de conjuntos de datos finalizados	42
13.2 Análisis, interpretación y visualización de datos por Aclima	42
14. Comunicación de resultados para apoyar la acción	45
14.1 Reporte de altas concentraciones previo a la finalización del contrato	45
14.2 Acceso Público a los Datos	47
14.3 Mapas de Historias Comunitarias	47
14.4 Informe Final	48
Apéndices	49

Lista de Abreviaturas Utilizadas en el Plan de Monitoreo del Aire Comunitario

Abreviaturas	Término
AMN	Nodo Móvil de Aclima
AMPs	Plataformas Móviles de Aclima
AQS	Sistema de calidad del aire
BC	Carbono negro
C ₂ H ₆	Etano
CAMP	Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad
CARB	California Air Resources Board
CBOs	Organizaciones comunitarias
CES	CalEnviroScreen
CH ₄	Metano
CNC	Comunidad nominada constantemente
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
EPA	Environmental Protection Agency
GHGs	Gases de efecto invernadero
L0	Nivel 0
L1	Nivel 1
L2a	Nivel 2a
L2b	Nivel 2b
L3	Nivel 3
L4	Nivel 4
NO	Óxido nítrico

NO2	Dióxido de nitrógeno
O3	Ozono
PEG	Grupo de expertos del proyecto
PEL	Límite de exposición permisible
PI	Investigador principal
PM2.5	Materia particulada con un diámetro de 2.5 micrómetros o menos
PML	Laboratorio móvil asociado
QA	Garantía de calidad
QC	Control de calidad
REL	Límite de exposición recomendado
RFP	Solicitud de propuesta
SMMI	Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil
SOMA	Sur del Mercado
LEP	Con dominio limitado del inglés
SFDPH	Departamento de Salud Pública de San Francisco
OEHHA	Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Ambiental de California
SOMCAN	Red de Acción Comunitaria del Sur del Mercado
TVOC	Compuestos orgánicos volátiles totales

¿Cuáles son las razones principales para realizar el monitoreo del aire?

1. Enfoque de colaboración comunitaria

La Iniciativa Estatal de Monitoreo Móvil (SMMI) prioriza la formación de sólidas alianzas comunitarias desde el principio para guiar el desarrollo de los Planes Comunitarios de Monitoreo del Aire (CAMPs).

El Plan de Participación Comunitaria de la SMMI ([Apéndice A](#)) es fundamental para el éxito de la SMMI, enfatizando que las comunidades deben tener un papel de liderazgo en el diseño, la participación y la implementación para que la iniciativa sea exitosa. Aclima ha implementado un modelo de co-liderazgo con expertos comunitarios existentes y copropiedad con las comunidades. Este modelo se basa en el Modelo de Participación Comunitaria de CARB, el Plan del Pueblo, el Plan 2.0 de CARB y el Espectro de Participación Comunitaria a la Propiedad de Facilitating Power. Los objetivos del enfoque de asociación comunitaria incluyen:

1. Desarrollar e implementar CAMPs que respondan a las preocupaciones y necesidades de calidad del aire de los miembros de la comunidad en áreas con alta contaminación.
2. Definir objetivos de monitoreo que reflejen las inquietudes de los residentes sobre dónde y qué contaminación es más impactante. Las voces de la comunidad dirigirán dónde se lleva a cabo el monitoreo móvil del aire, los objetivos del monitoreo y dónde se necesitan estudios de contaminación enfocados.
3. Desarrollar la capacidad de la comunidad para interpretar los datos móviles de calidad del aire y ayudar a traducir los datos en acciones para la reducción de emisiones y la mejora de la salud pública.
4. Garantizar el intercambio integral de conocimientos e información relevantes y la colaboración con todas las partes interesadas de la comunidad para abordar las necesidades locales.

Varios grupos desempeñan roles integrales en la implementación y el éxito de la SMMI. El Grupo de Expertos del Proyecto SMMI (PEG) incluye a miembros de la comunidad, representantes de los distritos de aire locales, organizaciones comunitarias (CBO) y la academia. Más del 50 por ciento del PEG está compuesto por miembros de la comunidad o representantes de CBO. Se subcontratan Líderes de Participación, que son organizaciones comunitarias de confianza, para liderar y facilitar la participación comunitaria en las 64 Comunidades Consistentemente Nominadas (CNC). Estos Líderes de Participación trabajan en estrecha colaboración con Aclima y el PEG para garantizar que los CAMPs respondan a las necesidades de la comunidad y que la participación sea cultural y lingüísticamente relevante. La Junta de Recursos del Aire de California (CARB) financia y supervisa la SMMI. Aclima, como la empresa contratada de tecnología de monitoreo del aire, es responsable de llevar a cabo la participación comunitaria y el monitoreo móvil. El proyecto tiene como objetivo un proceso de colaboración donde los miembros de la comunidad contribuyen activamente a la definición de los objetivos del monitoreo del aire y el alcance de las acciones.

1.1 Roles y Responsabilidades del Equipo del Proyecto para las Alianzas Comunitarias

El equipo central del proyecto está formado por personal remunerado de varias organizaciones diferentes. Estos se describen en la Tabla 1. Las funciones y responsabilidades adicionales del proyecto se describen en la Sección 5.

Líderes de Participación: Aclima ha subcontratado a organizaciones comunitarias de confianza o líderes para dirigir y co-gestionar los esfuerzos de participación comunitaria en las comunidades designadas. Estos Líderes de Participación son responsables de diseñar e implementar estrategias de participación, realizar actividades de divulgación y trabajar con Aclima para traducir el conocimiento de la comunidad (por ejemplo, las preocupaciones sobre la contaminación del aire) en Planes de Monitoreo del Aire Comunitario (CAMPs, por sus siglas en inglés) receptivos. Algunas organizaciones pueden cubrir más de una comunidad.

Grupo de Expertos del Proyecto (PEG): Un grupo intersectorial de representantes de distritos locales de calidad del aire, organizaciones comunitarias, el mundo académico y residentes de comunidades sobrecargadas que guía la participación comunitaria y la toma de decisiones para este proyecto. Más del 50 por ciento del Grupo de Expertos del Proyecto (PEG) está compuesto por miembros de la comunidad o representantes de organizaciones comunitarias. El PEG sirve como un grupo de expertos de confianza para ayudar a definir y dirigir la iniciativa y asegurar que satisfaga las necesidades de la comunidad. Aclima ha consultado con el PEG para dirigir las actividades de participación, monitoreo y divulgación, y recibió recomendaciones, consejos, comentarios e inquietudes durante el desarrollo de los CAMP (Planes de Monitoreo del Aire Comunitario). El propio Plan de Participación Comunitaria se desarrolló en colaboración con el Grupo de Expertos del Proyecto.

Equipo de Proyecto de Aclima: Este equipo ha supervisado las estrategias de participación local y ha apoyado a los Líderes de Participación ofreciendo experiencia técnica, interpretación de datos, materiales de divulgación y apoyo en reuniones.

Tabla 1: Equipos de proyecto y datos de contacto

Organización/equipo	Datos de contacto
CARB	smmi@arb.ca.gov
Aclima	carb-team@aclima.earth
Grupo de Expertos del Proyecto	carb-team@aclima.earth
Organización comunitaria colaboradora	zfrial@somcan.org

1.2 Recursos de la SMMI

El sitio web SMMI de CARB (<https://ww2.arb.ca.gov/statewide-mobile-monitoring-initiative>) detalla los objetivos de la SMMI (Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal); el tamaño y el destinatario de la adjudicación del contrato y las colaboraciones con instituciones de investigación. Además, el sitio web describe los esfuerzos de participación comunitaria, las oportunidades de participación pública y el desarrollo de planes de monitoreo del aire. El sitio web proporciona acceso a documentos resumidos que incluyen la Solicitud de Propuesta (RFP, por sus siglas en inglés)

original de CARB, un resumen del proyecto de una página, preguntas frecuentes (FAQs) y la propuesta técnica de Aclima.

El sitio web SMMI de Aclima (<https://aclima.earth/ca-smmi>) proporciona una visión general de la SMMI (Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal). Explica el enfoque de participación comunitaria, el alcance del proyecto, la tecnología y el enfoque de monitoreo, y la disponibilidad de datos. El sitio web también proporciona acceso al comunicado de prensa conjunto de Aclima y CARB.

1.2.1 Herramientas de participación

Las herramientas en línea y fuera de línea utilizadas para apoyar la participación comunitaria como parte del desarrollo de los CAMP incluyen:

En línea

- Sitio Web del Proyecto Aclima: Para actualizaciones, recursos e información de contacto.
- GeoEncuesta sobre Preocupaciones de Contaminación del Aire: Encuesta en línea para recopilar las opiniones de la comunidad sobre las preocupaciones relativas a la calidad del aire.
- Herramienta de Selección de Monitoreo de Área Amplia: Para que los miembros de la comunidad seleccionen los límites para el monitoreo de área amplia, dados los recursos de conducción asignados para cada comunidad.
- Gráficos para Redes Sociales: Gráficos y texto personalizables para los esfuerzos de divulgación.
- Informe Resumen de la Reunión: Plantilla de documento para documentar el contenido de la reunión.

Fuera de línea

- Folletos Físicos: Folletos personalizables para distribuir en centros comunitarios.
- Folleto sobre el Desarrollo del Plan de Monitoreo del Aire Comunitario: Infografía que detalla el proceso de desarrollo del Plan de Monitoreo del Aire Comunitario.
- Divulgación puerta a puerta (en algunas comunidades).
- Divulgación por llamada telefónica/mensaje de texto (en algunas comunidades).
- Anuncios de radio y/o entrevistas del proyecto (en algunas comunidades).

1.3 Reuniones comunitarias a nivel estatal

El Plan de Participación Comunitaria incluye las siguientes reuniones comunitarias a nivel estatal:

- **Reunión previa / Introducción al proyecto:** Una reunión en línea para presentar el proyecto y responder preguntas, realizada a nivel del distrito de calidad del aire.
- **Reunión 1 / Primer Borrador del Límite del Plan de Monitoreo del Aire Comunitario:** Una reunión híbrida (presencial y en línea) para identificar las preocupaciones de la comunidad sobre la calidad del aire, los objetivos de monitoreo, las áreas de monitoreo y los roles de la comunidad en el proyecto.
- **Reunión 2 / Confirmación del Plan de Monitoreo del Aire Comunitario:** Una reunión híbrida (presencial y en línea) para confirmar las áreas de monitoreo y revisar el borrador del Plan(es) de Monitoreo del Aire Comunitario.

- **Reunión 3 (serie) / Resultados del Proyecto:** Una serie de reuniones en línea, organizadas geográficamente por distrito de calidad del aire (o a nivel de subdistrito si es necesario), para explicar los resultados del proyecto, responder preguntas y discutir los próximos pasos.

1.4 Participación durante y después del monitoreo

Continuará habiendo oportunidades para que el público participe en la SMMI durante todo el monitoreo y después de su finalización.

Durante el período de monitoreo:

- Sitio web del proyecto: utilizar el sitio web del proyecto para acceder a actualizaciones, recursos e información de contacto.
- Seminarios web y capacitación: participar en sesiones en línea sobre alfabetización e interpretación de datos, historias de éxito en la reducción de emisiones y políticas/regulaciones de gestión del aire.
- Páginas del proyecto específicas por comunidad (a través del sitio web del proyecto): Encontrar actualizaciones, información de contacto y dejar comentarios/opiniones para cada Comunidad Nominada Consistentemente en el sitio web del proyecto.
- Comunicación continua: recibir actualizaciones por correo electrónico sobre el progreso del monitoreo (si se proporcionó información de contacto durante el proceso de participación).
- Horas de oficina / Consultas en línea: Asistir a las horas de consulta en línea para hacer preguntas relacionadas con el proyecto al equipo de Aclima.

Después del período de monitoreo:

- Datos disponibles públicamente alojados por CARB
- StoryMaps (Mapas Narrativos Interactivos): Explorar visualizaciones interactivas de datos para cada Comunidad Nominada Consistentemente.
- Reunión sobre los Resultados del Proyecto: Asistir a reuniones en línea para conocer los resultados del proyecto, hacer preguntas, compartir experiencias y discutir los próximos pasos. Estas reuniones se llevarán a cabo en inglés con interpretación al español y salas de grupos designadas en español.
- Encuesta Posterior a la Reunión: Proporcionar comentarios anónimos sobre el proyecto y el proceso de participación después de las Reuniones sobre los Resultados del Proyecto.

2. Indique el propósito específico de la comunidad para el monitoreo del aire

El propósito principal de la SMMI es desarrollar e implementar Planes Comunitarios de Monitoreo del Aire (CAMPs) que respondan a las preocupaciones sobre la calidad del aire de los miembros de la comunidad y otras partes interesadas en las 64 CNCs (Comunidades Nominadas Consistentemente). Estas comunidades han sido nominadas consistentemente por los distritos de calidad del aire, las (CBOs) organizaciones comunitarias y los miembros de la comunidad como necesitadas de atención adicional para abordar los altos niveles de contaminación del aire.

El monitoreo tiene como objetivo identificar y caracterizar las áreas que experimentan impactos desproporcionados de contaminación del aire, así como fuentes específicas de emisión de contaminantes atmosféricos. Al solicitar el conocimiento de los residentes y otras partes interesadas a través de reuniones comunitarias y encuestas, el proyecto busca comprender las cargas de contaminación de la comunidad. Se utilizó una Encuesta sobre Preocupaciones de Contaminación del Aire específicamente diseñada para ayudar a identificar las preocupaciones prioritarias sobre la contaminación del aire en cada comunidad y recopilar información detallada para guiar los objetivos del monitoreo. Los CAMPs definirán dónde se realizará el monitoreo móvil del aire, cuáles son los objetivos del monitoreo y dónde se necesitan estudios de contaminación enfocados, todo ello dirigido por las voces de la comunidad.

2.1 Perfil de la comunidad

Según la Planificación de San Francisco (2019), el vecindario South of Market abarca aproximadamente un área rectangular delimitada por Market Street, la autopista 101, Bryant St y 2nd St. También incluye áreas más pequeñas que se extienden más allá de 2nd St. hasta Beale St, y más allá de Bryant St. hasta Townsend St. Tres autopistas principales cruzan el área: la Interestatal 80, la Interestatal 280 y la autopista 101, como se muestra en la Figura 2 (1Point21 Interactive & Walkup, Melodia, Kelly & Schoenberger, 2021)¹. El código postal principal de SOMA es 94103, pero el área también está rodeada por Tenderloin (94102), Russian Hill (94109) y el Distrito Financiero (94104, 94108, 94111) (Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2019)².

En 2020, la Oficina del Censo de EE. UU. (2020)³ registró que el tamaño de la población del área South of Market era de 31,585. La composición racial/étnica de la población era 29.8% asiáticos, 27.3% blancos, 22.7% hispanos o latinos, 11.5% negros, 2.2% nativos de Hawái y otras islas del Pacífico, 0.3% indios americanos, 4.5% de dos o más razas y 1.6% otros (Advameg, Inc, 2019)⁴. Dentro de la población, el 90.2% de los residentes son adultos y el 9.8% son niños (Oficina del Censo de EE. UU., 2020)³, y el 35% de los hogares vive con ingresos inferiores al 200% del nivel federal de pobreza. Como se muestra en la Figura 1, la mayoría de los residentes de SOMA (94103) viven en o cerca de áreas de alta pobreza (Oficina del Censo de EE. UU., 2019)². La pobreza también está aumentando en las comunidades vecinas de Tenderloin y Mission District (94102, 94104, 94109 y 94111) (Oficina del Censo de EE. UU., 2019)².

Los vecindarios de bajos ingresos de San Francisco están rodeados de áreas de mayores ingresos, como Nob Hill y el Distrito Financiero, con hogares muy por encima del nivel federal de pobreza (94105 y 94108) (Oficina del Censo de EE. UU., 2019)².

El South of Market fue reconocido en 2016 por la Ciudad de San Francisco y en 2017 por el Estado de California como el Distrito de Patrimonio Cultural Filipino SOMA Pilipinas, debido a su historia como centro cultural para los filipinos en el Área de la Bahía de San Francisco. La comunidad filipina de San Francisco está gravemente desatendida, carece

¹ 1Point21 Interactive & Walkup, Melodia, Kelly & Schoenberger. (2021). The Most Dangerous Pedestrian Intersections in San Francisco. Walkup, Melodia, Kelly & Schoenberger.

<https://www.walkuplawoffice.com/2021/11/17/study-the-most-dangerous-pedestrianintersections-in-san-francisco/>.
² United States Census Bureau (USCB). (2019). Census Poverty Status Viewer. Census Poverty Status Viewer (ACS19). <https://mtgisportal.geo.census.gov/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=31e10881bd1040b7b0ae685559917509>.

³ U.S. Census Bureau. (2020). ACS Demographics and Housing Estimates, Households and Families. <https://data.census.gov/table/ACSDP1Y2020.DP05>.

⁴ Advameg, Inc. (2019). South Of Market (SOMA) neighborhood in San Francisco, California (CA), 94103. City-Data.com. <https://www.citydata.com/neighborhood/South-Of-Market-San-Francisco-CA.html>.

de recursos y de apoyo para prosperar. Se estima que hay 44,736 filipinos viviendo en San Francisco (Oficina del Censo de EE. UU., 2021)⁵, y los filipinos representan el 5.1% de la población de toda la ciudad. Casi el 60% de los filipinos son inquilinos; casi el 10% de los filipinos están por debajo del umbral de pobreza. Hay más de 10,000 residentes de habla tagalo con dominio limitado del inglés (LEP), y uno de cada cuatro filipinos es LEP (SOMCAN, 2018)⁶. Desde 2014, el tagalo ha sido un idioma requerido para los servicios de la ciudad, pero la interpretación y la traducción no siempre son fácilmente accesibles, lo que dificulta la comunicación, retrasa los servicios e impide que algunos filipinos LEP accedan a programas clave.

El Departamento de Salud Pública de San Francisco (SFDPH) desarrolló un programa dedicado al clima y la salud en San Francisco, que califica los vecindarios según su resiliencia. La puntuación representa la capacidad de los individuos y los hogares para absorber, soportar y recuperarse de los desafíos sociales y económicos. El vecindario SOMA (94103) recibió una puntuación de resiliencia general de 1 y una puntuación de resiliencia de vivienda de 2, siendo 1 la menos resiliente y 5 la más resiliente (SFDPH, 2015)⁷. Según el Proyecto de Desplazamiento Urbano, el vecindario SOMA se clasifica como "gentrificación temprana/en curso" y "gentrificación avanzada" como resultado del aumento de los costos de vivienda (Chapple et al., 2021)⁸. La gentrificación y el desplazamiento de comunidades pueden contribuir a las bajas puntuaciones observadas en SOMA.

2.2 Objetivos y enfoques en el monitoreo comunitario del aire

El propósito del monitoreo comunitario del aire es recolectar datos sobre la contaminación del aire en las comunidades, tanto para la evaluación de la calidad del aire a corto como a largo plazo, y para apoyar acciones dentro de esas comunidades para reducir las emisiones y/o la exposición.

El monitoreo comunitario del aire generalmente se divide en dos tipos, con diferentes funciones:

1. El monitoreo de la calidad del aire ambiente, donde se toman muestras del aire ambiente para que su estado pueda ser evaluado en comparación con los estándares existentes y la información histórica.
2. El monitoreo de fuentes estacionarias, donde se realizan mediciones de la calidad del aire en el área cercana a fuentes estacionarias individuales (por ejemplo, instalaciones industriales) para que las emisiones de una fuente estacionaria puedan ser caracterizadas y su impacto potencial en las comunidades locales pueda ser evaluado.

Los datos recolectados a través del monitoreo comunitario del aire —ya sea centrándose en la calidad del aire ambiente o en fuentes estacionarias— pueden compararse con niveles medidos previamente, con estándares regulatorios y puntos de referencia de salud, y ponerse en contexto con monitoreos previos y estudios de impacto en la salud. Las comparaciones y análisis de esta naturaleza pueden proporcionar la base para acciones regulatorias adicionales, incluyendo, pero no limitándose a, monitoreo adicional, acciones de cumplimiento y otros esfuerzos de reducción de emisiones y/o exposición.

⁵ U.S. Census Bureau. (2021). American Community Survey 5-Year Estimate Data Profiles. <https://data.census.gov/table/ACSDP5Y2021.DP05>.

⁶ South of Market Community Action Network (SOMCAN). (2018). Speaking Up, Speaking Out: Recommendations for Implementation of Filipino Language Access in San Francisco. <https://www.somcan.org/published-reports>.

⁷ San Francisco Department of Public Health (SFDPH). (2015, August 1). South of Market (SOMA). San Francisco Climate and Health Profile. <https://sfclimatehealth.org/neighborhoods/south-of-market-soma/>.

⁸ Chapple, K., Thomas, T., & Zuk, M. (2021). Urban Displacement Project. <https://www.urbandisplacement.org/>.

Diversos enfoques de medición pueden respaldar el monitoreo comunitario del aire, principalmente la colocación de instrumentos o sensores estacionarios en ubicaciones estratégicas por toda la comunidad o mediante el uso de instrumentos o sensores montados en uno o más vehículos en movimiento. Este(CAMP) utiliza métodos de monitoreo móvil según lo delineado por la Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal (SMMI) de CARB.

Todos los esfuerzos para rastrear la calidad del aire tienen como objetivo identificar los orígenes de contaminantes atmosféricos específicos y las regiones que impactan. Sin embargo, el monitoreo móvil utiliza métodos diferentes en comparación con el monitoreo estacionario más común. Los monitores estacionarios recolectan datos con mucha frecuencia a lo largo del tiempo, pero su alto costo y las dificultades para instalarlos y operarlos significan que solo se puede colocar un número limitado dentro de una comunidad. Esto da como resultado mediciones continuas en solo unos pocos puntos. Notablemente, el equipo para rastrear contaminantes tóxicos del aire tiende a ser más caro y necesita personal especializado para operarlo, lo que restringe significativamente el uso del monitoreo estacionario para estas sustancias.

El monitoreo móvil ofrece un enfoque versátil, permitiendo la medición de cambios en los niveles de contaminantes atmosféricos en diferentes ubicaciones con gran detalle. Sin embargo, proporciona datos menos continuos para un solo punto específico a lo largo del tiempo. La información espacial detallada del monitoreo móvil puede ayudar a identificar fuentes de contaminación específicas y localizadas, y mostrar cómo cambian los niveles de contaminantes dentro de y entre diferentes vecindarios. Además, al colocar equipos para detectar contaminantes tóxicos del aire en vehículos, se puede monitorear un área más grande para estas sustancias nocivas. La información recopilada a través del monitoreo móvil respalda el desarrollo de planes de reducción de la contaminación que pueden ser diferentes para varias partes de una comunidad, permitiendo soluciones que se adapten específicamente a las necesidades locales.

2.3 Motivaciones específicas de la comunidad para el monitoreo del aire

Los residentes de SOMA están expuestos a una contaminación del aire considerable debido a su proximidad a la Interestatal 80, la Interestatal 280 y la Autopista 101. Con más personas viajando al centro de San Francisco, el tráfico en la ciudad ha aumentado, particularmente en el vecindario de SOMA. En 2020, SOMA tuvo las concentraciones promedio anuales más altas de partículas, superando los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SFDPH, 2020)⁹. La población no solo se ve afectada de manera desproporcionada por la gentrificación, sino también por la contaminación del aire y el ruido. Un estudio con sede en San Francisco encontró que el riesgo de molestia por el ruido relacionado con el tráfico también era un problema enorme en el vecindario de South of Market. Este estudio encontró que el tráfico en SOMA era en promedio un 72% mayor que el promedio de la ciudad, a pesar de que la población en SOMA ocupaba solo el decimotercer lugar entre 18 vecindarios en San Francisco (Seto et al., 2007)¹⁰.

Los distritos que componen SOMA tienen puntuaciones percentiles generales de CalEnvironScreen 4.0 que oscilan entre 70 y 76 (Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Ambiental de California, 2021)¹¹. Un informe de 2022 de

⁹ SFDPH. (2020, February). San Francisco Citywide Health Risk Assessment: Technical Support Documentation. https://www.sfdph.org/dph/files/EHSdocs/AirQuality/Air_Pollutant_Exposure_Zone_Technical_Documentation_2020.pdf.

¹⁰ Seto, E. Y. W., Holt, A., Rivard, T., & Bhatia, R. (2007, June 21). Spatial distribution of traffic induced noise exposures in a US city: an analytic tool for assessing the health impacts of urban planning decisions. *International Journal of Health Geographics* volume, 6(1), 24. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-6-24>.

¹¹ California Office of Environmental Health Hazard Assessment. (2021). CalEnvironScreen 4.0. <https://experience.arcgis.com/experience/11d2f52282a54ceebcac7428e6184203/>.

la Oficina de Evaluación de Riesgos para la Salud Ambiental de California (OEHHA) muestra que el 78.27% de la población que vive en el código de área 94103 se ve afectada por la contaminación¹². Según la compañía de recopilación de datos climáticos Aclima, Inc. (2022), SOMA tiene concentraciones típicas a largo plazo de NO₂ entre 9.5 y 10.4 ppb (directriz de la OMS: 5.3 ppb), PM_{2.5} entre 8.4 y 9.0 µg/m³ (directriz de la OMS: 9.0 µg/m³), O₃ entre 24.3 y 24.5 ppb, CO entre 0.35 y 0.38 ppm y CO₂ entre 459 y 462 ppm¹³. Aclima realizó un monitoreo en San Francisco del 1 de octubre de 2019 al 30 de septiembre de 2020. En resumen, los miembros de la comunidad de bajos ingresos de SOMA no solo experimentan barreras socioeconómicas, sino que también corren el riesgo de desarrollar afecciones de salud a largo plazo debido a las altas tasas de contaminantes tóxicos en el aire.

A través de la campaña Aire Más Limpio en Nuestros Hogares, la Red de Acción Comunitaria de South of Market (SOMCAN) ha involucrado a miembros de la comunidad filipina en SOMA en temas de contaminación del aire y salud. Para evaluar los impactos de la congestión del tráfico en la salud y la seguridad de los residentes, trabajadores y visitantes en el vecindario de South of Market en San Francisco, SOMCAN produjo un informe titulado Impactos de la Contaminación Urbana en la Salud, el Bienestar y la Seguridad en el Vecindario de South of Market en San Francisco (SOMCAN, 2023)¹⁴. Esta investigación fue financiada por el Distrito de Gestión de la Calidad del Aire del Área de la Bahía y se llevó a cabo en colaboración con la profesora Ruby Turalba y un equipo de estudiantes de posgrado de la Universidad Estatal de San Francisco, la Universidad de San Francisco y la Universidad de California, Los Ángeles.

El informe encontró que los miembros de la comunidad están continuamente expuestos a la contaminación del aire, lo que afecta su salud, y recomendó purificadores de aire y unidades de filtración para todos los residentes de bajos ingresos de SOMA. SOMCAN utilizó las recomendaciones de políticas en un informe para liderar la campaña "Aire Más Limpio en Nuestros Hogares", que incluyó una serie de reuniones con miembros de la comunidad para que pudieran aprender sobre los impactos negativos en la salud de la mala calidad del aire y desarrollar colectivamente políticas más sólidas que regulen la calidad del aire exterior e interior. Con estos miembros de la comunidad, SOMCAN celebró reuniones con la Junta de Supervisores de la Ciudad para que los miembros de la comunidad pudieran compartir sus historias y expresar sus preocupaciones sobre la necesidad de fortalecer las regulaciones de calidad del aire.

Además de los esfuerzos anteriores, SOMCAN también ha colaborado con departamentos de la Ciudad y otras organizaciones sin fines de lucro para participar en intervenciones que mejoren la calidad del aire interior para los miembros de nuestra comunidad. En asociación con la organización sin fines de lucro Safer Together, SOMCAN llevó a cabo tres talleres para distribuir unidades de filtración de aire de bricolaje (conocidas como "cajas SAFE") a 73 miembros de la comunidad, incluidos adultos mayores y familias. Además, SOMCAN ha formado parte del comité asesor del programa Climate Equity Hub del Departamento de Medio Ambiente de San Francisco, que ha lanzado un programa piloto para reemplazar los calentadores de agua a gas con calentadores de agua con bomba de calor sin costo alguno.

Se han instalado varios sensores y monitores de calidad del aire en los vecindarios de South of Market y Tenderloin. Según PurpleAir, hay 37 sensores de calidad del aire en South of Market, aunque todos menos nueve de estos sensores están ubicados al este de la calle 3. La mayoría de los residentes filipinos en SOMA viven al oeste de la calle 5 y al norte de la Interestatal 80. Desde 2020, la organización sin fines de lucro Brightline Defense ha monitoreado la

¹² California Office of Environmental Health Hazard Assessment. (2022). SB 535 Disadvantaged Communities. <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/sb535>.

¹³ Aclima, Inc. (2022). This is a map of long-term levels of air pollution measured between October 1, 2019 - September 30, 2020 in San Francisco. <https://air.health/bayarea?contract=san-francisco&pollutant=no2>.

¹⁴ SOMCAN (2023). Urban Pollution Impacts on Health, Wellness, and Safety in the South of Market Neighborhood of San Francisco. <https://www.somcan.org/published-reports>.

calidad del aire en los vecindarios de SOMA y Tenderloin. Los datos recopilados de estos cuatro sensores están disponibles a través de Tableau (Kim, 2024)¹⁵. Por último, la organización sin fines de lucro Safer Together instaló un monitor de calidad del aire en marzo de 2025 en el Boys and Girls Club en Tenderloin, cuyos datos están disponibles públicamente a través del sitio web de IQAir.

BAAQMD opera una estación fija de monitoreo de la calidad del aire en San Francisco, ubicada en 10 Arkansas Street en el cercano vecindario de Potrero Hill, que monitorea O3, CO, NO2, PM10, PM2.5, contaminantes tóxicos del aire y Cr6+. Aclima realizó un monitoreo en San Francisco desde el otoño de 2019 hasta el otoño de 2020 en cooperación con BAAQMD; los resultados se pueden ver en air.health.

Otras preocupaciones específicas identificadas a través de la participación comunitaria se incluyen en la tabla a continuación.

Tabla 2: Preocupaciones específicas identificadas a través de la participación comunitaria

Ubicación y Preocupación	Detalles
Calle 5 entre Bryant y Harrison (sitio de bosque urbano)	Esta área es el sitio donde el Departamento de Recreación y Parques de San Francisco está cultivando árboles nuevos. Está ubicada justo al lado de una salida importante de la autopista (I-80). Preocupación por la contaminación de los gases de escape de los automóviles.
Escuelas Primaria y Secundaria Bessie Carmichael	Escuela Primaria Bessie Carmichael (375 Calle 7) y Escuela Secundaria (824 Calle Harrison). Ambas áreas están ubicadas muy cerca de entradas y salidas de autopistas (I-80). Preocupación por la contaminación de los gases de escape de los automóviles.
Centro para Adultos Mayores Canon Kip	El Centro para Adultos Mayores Canon Kip (705 Calle Natoma) está ubicado a lo largo de una vía principal en el Sur del Mercado (Calle 8)
Calle 6 (entre Market y Howard)	La Calle 6 se ha vuelto tristemente célebre en los últimos años por ser un punto crítico de drogas y un lugar con visible falta de vivienda. Los miembros de la comunidad están preocupados no solo por la contaminación, sino también por otros problemas de seguridad y limpieza. A los miembros de la comunidad les gustaría saber si las drogas y los químicos utilizados para limpiar las calles están empeorando la contaminación del aire en la zona.*
Taller de reparación de automóviles o taller de carrocería (Lat/Lon: 37.772833, -122.412433)	No hay detalles adicionales disponibles.
Almacén de distribución o de última milla (Lat/Lon: 37.770307, -122.410836)	No hay detalles adicionales disponibles.
Gasolinera (Lat/Lon: 37.771888, -122.418742)	No hay detalles adicionales disponibles.

¹⁵ Kim, E. (2024, March 6). NEW Air Quality Summary. <https://public.tableau.com/app/profile/brightlinedefense/viz/MonthlyAirQualitySummary/AirQualitySummary>.

Garaje de Market (Estacionamientos) (Lat/Lon: 37.784383, -122.415172)	No hay detalles adicionales disponibles.
Otro punto de origen (Lat/Lon: 37.731856, -122.426687)	No hay detalles adicionales disponibles.
Carretera (Lat/Lon: 37.782738, -122.429355)	No hay detalles adicionales disponibles.
Carretera (Lat/Lon: 37.761382, -122.417148)	No hay detalles adicionales disponibles.

*Algunas preocupaciones planteadas por San Francisco estaban fuera del alcance de esta SMMI.

3. Alcance de las acciones

Los datos recopilados por el monitoreo móvil del aire pueden respaldar una amplia gama de acciones por parte de las comunidades y los gobiernos para reducir las emisiones y/o la exposición. Ejemplos de posibles acciones incluyen, entre otros:

- Investigación regulatoria: Cuando estos datos identifican puntos críticos (hotspots) que pueden atribuirse estadísticamente a una fuente determinada, las agencias locales y estatales pueden decidir realizar un trabajo de investigación adicional que puede conducir a acciones de cumplimiento y ejecución (por ejemplo, multas, nuevos requisitos de control de emisiones).
- Estrategias de gestión del tráfico: Al identificar puntos críticos causados por emisiones vehiculares, estos datos pueden informar las estrategias de control de emisiones vehiculares locales y estatales, incluyendo iniciativas como la aplicación de medidas contra el ralenti (anti-idling) o programas de inspección de emisiones vehiculares.
- Planificación urbana: Los gobiernos pueden utilizar la comprensión de cómo varía la calidad del aire en el tiempo y el espacio para dirigir la inversión en espacios verdes o actualizar las regulaciones de zonificación para restringir ciertos usos del suelo.
- Acción corporativa: Las empresas individuales pueden utilizar estos datos para ajustar sus rutas y horarios de transporte, o las operaciones de sus instalaciones, con el fin de reducir las emisiones y los impactos en la salud.
- Modelado y pronóstico: Los datos del monitoreo móvil del aire pueden respaldar la mejora del modelado de la calidad del aire histórica, lo que permite una mejor predicción de patrones e impactos futuros en una comunidad.
- Evaluaciones de riesgos para la salud: Cuando estos datos identifican impactos desproporcionados de la contaminación en la geografía de una comunidad, estos conocimientos pueden utilizarse junto con otros conjuntos de datos para evaluar los posibles impactos en la salud de las comunidades o identificar lugares donde se deben realizar evaluaciones formales de riesgos para la salud.

- **Acción comunitaria:** Los datos proporcionados por el monitoreo móvil del aire pueden ser útiles para las organizaciones comunitarias en el trabajo de promoción (advocacy) para reducir las emisiones y/o la exposición, incluyendo el desarrollo de Planes Locales Comunitarios de Reducción de Emisiones (LCERPs).

Una vez que el monitoreo haya concluido, se alienta a (CARB), a los Distritos de Calidad del Aire, a los grupos comunitarios, a las agencias reguladoras, a los investigadores y a otras partes interesadas a aprovechar los datos para abordar preocupaciones específicas sobre la contaminación del aire.

4. Objetivos del monitoreo del aire

4.1 Definir objetivos

El monitoreo móvil del aire de la (SMMI) tiene como objetivo respaldar dos objetivos principales de monitoreo del aire:

1. **Identificación y caracterización de fuentes de emisión de contaminantes del aire:** Este objetivo busca comprender y caracterizar mejor las fuentes, lo que puede incluir los siguientes propósitos/metás:
 - Identificar de dónde proviene la contaminación.
 - Identificar los contaminantes clave que provienen de una fuente determinada.
 - Comprender qué ubicaciones en las comunidades se ven afectadas por la contaminación de una fuente determinada.
 - Comprender cómo pueden variar las concentraciones directamente a favor del viento de una fuente determinada.
 - Comprender cómo pueden variar las emisiones de una fuente determinada según la hora del día.
 - Comprender cómo diferentes fuentes contribuyen a un contaminante determinado en la comunidad.

2. **Identificación de impactos desproporcionados de la contaminación del aire**

El monitoreo móvil del aire también se puede utilizar para investigar diversos objetivos centrados en comprender la distribución desigual de la contaminación del aire dentro de una comunidad:

- Identificar los contaminantes clave que impactan el aire ambiente en una comunidad.
- Comprender las concentraciones típicas de contaminantes en el aire ambiente de la comunidad.
- Comprender cómo se distribuye la contaminación en una comunidad.
- Comprender cómo varía la contaminación en el tiempo dentro de una comunidad.

4.2 Definir los métodos de monitoreo móvil para respaldar los objetivos

Este CAMP define el método de monitoreo móvil principalmente como monitoreo de área amplia o monitoreo de área específica.

Monitoreo de área amplia: los vehículos de monitoreo recolectan datos dentro de toda el área de monitoreo del CAMP durante un período de tiempo extendido. Los vehículos monitorean en carreteras de acceso público, recopilando mediciones repetidas en diferentes momentos del día, días de la semana y estaciones del año. El monitoreo de área amplia nos informa sobre las concentraciones típicas de contaminantes y las ubicaciones con

concentraciones persistentemente altas de contaminantes en toda el área del CAMP durante todo el período de monitoreo.



Figura 1: Ejemplo de estimaciones de concentración ambiental graficadas para el NO₂ (dióxido de nitrógeno) en el Área de la Bahía de San Francisco, CA. Este gráfico utiliza datos generados por el método de monitoreo de área amplia.

Monitoreo de área específica: Un subconjunto de vehículos de monitoreo se enfoca en preocupaciones específicas de contaminación del aire (fuentes o áreas impactadas) a escalas espaciales más pequeñas y en períodos de tiempo más cortos. Esta estrategia de medición implica monitorear un área relativamente pequeña durante un período de tiempo más corto. El monitoreo de área específica nos brinda más detalles sobre una preocupación concreta, como la composición química exacta de las emisiones de una instalación particular, qué áreas de una comunidad son las más afectadas en las inmediaciones de las fuentes de contaminación, o en qué momentos del día estas áreas se ven más impactadas. Los vehículos de monitoreo de área específica provendrán ya sea de la flota de monitoreo de área amplia (Plataformas Móviles de Aclima) o de una flota especial de laboratorios móviles (un pequeño número de vehículos con sensores de mayor exactitud/precisión que detectan una gama más amplia de contaminantes, incluyendo contaminantes tóxicos del aire), dependiendo de la fuente específica de preocupación.

Los vehículos de monitoreo de área específica pueden desplegarse de diferentes maneras para cumplir con distintos objetivos.

- *Conducción perimetral* (Figura 2) recopila datos sistemáticamente en rutas predeterminadas alrededor del perímetro de una instalación o sitio fuente conocido o sospechoso. La conducción perimetral puede ayudar a determinar la composición química de las emisiones de una fuente conocida.
- *Conducción por transecto* (Figura 2) sigue una trayectoria diseñada para pasar contra el viento, a través de, y a favor del viento de una posible pluma de contaminación proveniente de una fuente conocida o potencial. La

conducción por transecto puede ayudarnos a comprender mejor la composición química de las emisiones en una pluma y dónde está impactando la pluma en la comunidad local.

- *La conducción pseudo-estacionaria* se aproxima a un enfoque de monitoreo estacionario más tradicional al detener temporalmente un vehículo de monitoreo dentro de una posible pluma de contaminación proveniente de una fuente conocida o potencial. La conducción pseudo-estacionaria puede ayudarnos a comprender mejor cómo varía la contaminación de una fuente en el tiempo. También puede permitir mediciones de ciertos contaminantes cuando los métodos de medición requieren tiempos de muestreo más largos (minutos hasta una hora).
- *La conducción de sondeo general* es un monitoreo repetido a lo largo de una ruta predeterminada o en todas las carreteras dentro de un área predeterminada, intentando recolectar datos de contaminantes del aire de manera uniforme a lo largo del tiempo.

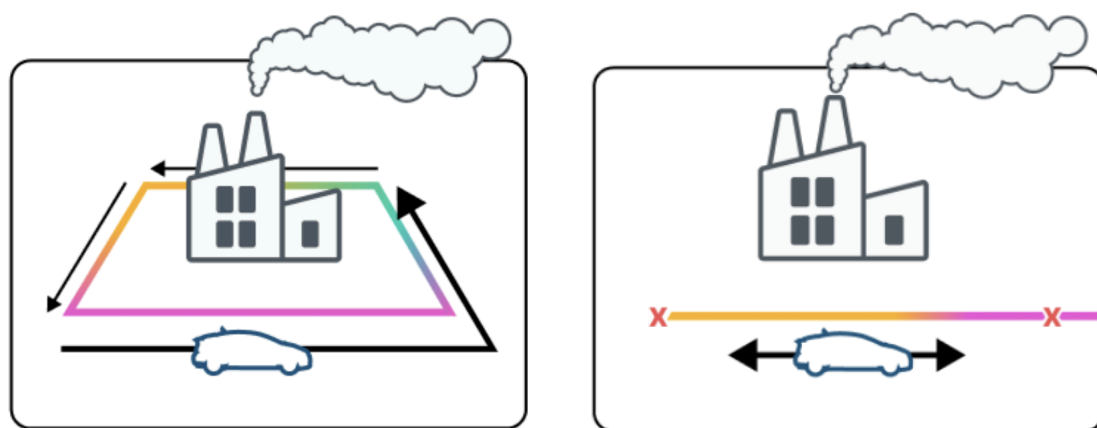


Figura 2: Ejemplo de técnica de medición para el monitoreo de área específica utilizando (izquierda) conducción perimetral, que sondea sistemáticamente alrededor del perímetro de una instalación o sitio fuente conocido o sospechoso, y (derecha) conducción por transecto, que sigue una trayectoria diseñada para muestrear contra el viento, dentro de, y a favor del viento de una posible pluma de contaminación proveniente de una fuente conocida o potencial.

4.3 Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad

El proceso de participación comunitaria ha definido una serie de preocupaciones sobre la contaminación del aire. Estas preocupaciones se tradujeron en objetivos de monitoreo específicos de alto nivel y subobjetivos, lo que a su vez permitió la selección de métodos de monitoreo móvil y planes de análisis de datos apropiados.

La Tabla 3 a continuación proporciona un resumen de las preocupaciones específicas de la comunidad, los objetivos/subobjetivos, los métodos de monitoreo móvil y los enfoques de análisis de datos que pueden respaldar acciones para reducir las emisiones o la exposición en una comunidad. Se pueden encontrar más detalles sobre los métodos de monitoreo y los enfoques de presentación en la Sección 8 y la Sección 13, respectivamente.

Tabla 3: Preocupaciones, objetivos y planes de análisis definidos por la comunidad

Preocupación de la comunidad	Objetivo principal de seguimiento	Sub-objetivo de seguimiento	Métodos de monitoreo móvil	Enfoque de análisis
Las escuelas primarias y secundarias Bessie Carmichael se vieron afectadas por las entradas y salidas de las autopistas	Impactos desproporcionados	niveles de contaminantes Ubicaciones afectadas Hora del día	Área objetivo: Estudio general	Grupos de detecciones de mejora en un mapa Estadísticas sobre detecciones Gráfico diurno de eventos de detección
Preocupaciones generales sobre el tráfico en 5th St entre Bryant y Harrison (sitio de bosque urbano), Kip Senior Center, y otras intersecciones de alto tráfico	Impactos desproporcionados	niveles de contaminantes Ubicaciones afectadas	Monitoreo de área amplia	Grupos de detecciones de mejora en un mapa Estadísticas sobre detecciones

5. Funciones y responsabilidades del proyecto

La SMMI define las funciones y responsabilidades de diversas partes interesadas en el monitoreo comunitario. El Plan de Participación Comunitaria detalla estas funciones y responsabilidades y describe cómo los diferentes grupos colaborarán para la participación comunitaria. Esta sección describe la estructura organizativa de los socios de la SMMI (Figura 3), una lista de organizaciones comunitarias que son Líderes de Participación y una lista de los miembros del PEG (Figura 4).

Aclima es responsable de la participación comunitaria, el despliegue de plataformas móviles para recolectar datos, la gestión y el análisis de datos, y la elaboración de informes públicos. Los Líderes de Participación son responsables de diseñar e implementar estrategias de participación, realizar actividades de divulgación y trabajar con Aclima para traducir el conocimiento de la comunidad en CAMPs. Ellos organizan y dirigen las reuniones comunitarias. Los miembros de la comunidad desempeñan un papel crucial al aportar sus conocimientos y experiencias para dar forma a los CAMPs a través de encuestas y la participación en reuniones. También son compensados por su tiempo y contribuciones. El Grupo de Expertos del Proyecto guía la participación comunitaria y la toma de decisiones durante todo el proyecto. CARB financia y supervisa el proyecto. Los representantes de los distritos locales de calidad del aire también participan para ofrecer conocimientos técnicos y contextuales.

SMMI Partners



Figura 3: Organigrama del Proyecto SMMI

Community Organizations

Engagement Leads lead and co-manage community engagement efforts in the designated communities

- Acterra
- Breathe SoCal
- Californians for Pesticide Reform
- Canal Alliance
- CCEJN
- Center for Community Action and Environmental Justice (CCA EJ)
- Center on Race, Poverty, and the Environment
- Citizen Air Monitoring Network
- Clean Water Fund
- Climate Action Campaign
- Community Agency for Resources, Advocacy and Services (CARAS)
- Cool OC
- Day One
- El Concilio
- Girl Plus Environment
- Greenbelt Alliance
- HARC, Inc.
- Healthy Fresno Air
- HOPE Collaborative
- Just Cities
- Leadership Counsel
- Los Amigos de la Comunidad
- Madera Coalition for Community Justice
- One Treasure Island
- Our Children's Earth Foundation (for Rodeo Citizens Association)
- Pacoima Beautiful
- Rise South City
- Sacramento EJC
- San Leandro 2050
- SOMCAN
- Sustainable Contra Costa
- Sustainable Solano
- The Niles Foundation
- Tri-Valley Air Quality Climate Alliance
- UNIDOS Network
- United for Justice
- Valley Improvement Projects
- Valley Onward
- Valley Vision

Project Expert Group

A cross-sector group of representatives from local air districts, community-based organizations, academia, and residents from overburdened communities that guides community engagement and decision-making for this project.

- Nader Afzalan
- Stephanie L. Mora Garcia
- Brent Bucknum
- Mikela Topey
- Agustin Angel Bernabe
- Amelia Stonkus
- Anna Lisa Vargas
- Gustavo Aguirre Jr
- Jamallah Green
- Jonathan Mercado
- Ken Szutu
- Lillian Garcia
- Moses Huerta
- Ms. Margaret Gordon
- Brad Dawson
- Kate Hoag
- Lily Wu-Moore
- Payam Pakbin

Figura 4: Lista de organizaciones Líderes de Participación y miembros del PEG para la SMMI

¿Cómo se realizará el monitoreo?

6. Objetivos de calidad de los datos

Los objetivos de calidad de los datos son una serie de metas establecidas para asegurar que los datos recolectados, los análisis realizados y las visualizaciones producidas tengan la calidad suficiente para abordar los objetivos de monitoreo establecidos. Estas metas pueden estar relacionadas directamente con la calidad del método de medición, por ejemplo, la exactitud o la precisión de un sensor. También pueden ser metas más cualitativas que determinan cómo se analizan y visualizan los datos de medición para abordar con precisión las preocupaciones sobre la calidad del aire de la comunidad sin ser engañosos. Los indicadores de calidad de los datos a veces se incluyen como parte de un objetivo de calidad de los datos y son métricas específicas que se pueden utilizar para determinar qué tan buena es una medición. Algunos indicadores de calidad de los datos comúnmente utilizados son la precisión, el sesgo o el límite de detección. Se puede encontrar información adicional sobre estos y otros indicadores de calidad de los datos en los [Apéndices C, D, E y F](#).

El monitoreo móvil de la calidad del aire permite una variedad de análisis espaciales de alta resolución que respaldan diferentes objetivos de monitoreo del aire. Un resultado utiliza datos resueltos en el tiempo de múltiples recorridos individuales por la misma ubicación para identificar áreas donde las concentraciones de contaminación varían sustancial y persistentemente de los niveles de fondo locales, lo que indica una probable fuente de emisiones local. Esto respalda el objetivo de monitoreo del aire de intentar identificar y caracterizar las fuentes de contaminación. Otro resultado es la creación de mapas de concentraciones típicas de contaminación del aire con una resolución de manzana por manzana (cuadra por cuadra) que muestran áreas con niveles persistentemente altos o bajos de contaminantes individuales, lo que respalda el objetivo de monitoreo del aire de identificar áreas de impacto desproporcionado.

Diferentes objetivos de monitoreo tienen diferentes objetivos de calidad de los datos. Los dos objetivos principales de monitoreo para la SMMI y sus objetivos de calidad de los datos asociados son:

1. Identificar y caracterizar fuentes de emisión de contaminantes del aire

Contaminantes típicos de interés: CH₄ (Metano), C₂H₆ (Etano), BC (Carbono Negro/Hollín), PM_{2.5} (Material Particulado de 2.5 micrómetros), NO (Óxido Nítrico), CO (Monóxido de Carbono), TVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles Totales - COVT), contaminantes tóxicos del aire.

Objetivos de calidad de los datos:

- a. Encontrar y mapear puntos de donde probablemente proviene la contaminación mediante la detección de picos notables en las lecturas de medición que estén claramente por encima de los niveles de fondo normales. Más específicamente, esto significa que la medición del pico debe tener una relación señal/ruido de al menos 3.
- b. Asegurarse de que tengamos una alta confianza en las ubicaciones donde se detectan fuentes de emisiones de contaminación. En otras palabras, queremos minimizar la presencia de “falsos positivos” en los datos resultantes. Esto se logra asegurándose de que ocurran múltiples detecciones de fuentes de emisiones en la misma ubicación antes de identificarla como una fuente probable de

contaminación. Esto se puede cuantificar como el número de detecciones por visita a una ubicación particular.

- c. Aclima monitoreará y rastreará el rendimiento de cada medición subyacente utilizando los siguientes indicadores clave de calidad de los datos: deriva de ganancia y límite de detección.

2. Identificar impactos desproporcionados de la contaminación del aire

Contaminantes típicos de interés: O3, NO2, PM2.5, BC, contaminantes tóxicos del aire.

Objetivos de calidad de los datos:

- a. Producir una estimación de la concentración ambiental de la contaminación para el área de monitoreo mediante la recolección de mediciones en diferentes momentos del día, días de la semana y a través de las estaciones para tener en cuenta la variabilidad natural de los niveles de contaminación.
- b. Asegurar que los datos estén distribuidos espacialmente por toda el área definida por el usuario.
- c. Producir estimaciones de concentración a escalas de agregación espacial deseadas y prácticas (por ejemplo, celdas hexagonales/agregación en hexágonos, segmentos de carretera/viales).
- d. Incluir una medida de confianza (es decir, un intervalo de confianza) con cada estimación de concentración de contaminación ambiental, para que los usuarios puedan comprender la fiabilidad de los valores y si los niveles de contaminación son verdaderamente diferentes entre ubicaciones.
- e. Monitorear y rastrear el rendimiento de la medición de cada contaminante utilizando los indicadores clave de calidad de los datos de sesgo, deriva y precisión.

Estos objetivos de calidad de los datos son en gran medida metas cualitativas que proporcionan la base para los tipos de conocimientos que el monitoreo móvil está diseñado para respaldar. Un aspecto crítico del aseguramiento de la calidad que subyace a estos objetivos es la caracterización y maximización de la calidad de medición de las mediciones de contaminación del aire, particularmente para los sensores. Sin embargo, la confianza en estos productos de datos dependerá de una serie de factores adicionales como la estrategia de monitoreo móvil, el número de muestras recolectadas para las características de interés (es decir, segmento de carretera u otra escala de longitud espacial), la magnitud y variabilidad de las concentraciones de contaminación, y la meteorología durante el período del contrato.

El enfoque integral de aseguramiento de la calidad incorpora procesos y métricas para minimizar la incertidumbre. Alcanzar los objetivos de calidad de los datos depende de algo más que simples indicadores individuales, ya que los desafíos del mundo real (por ejemplo, ausencias de conductores) y los eventos externos (por ejemplo, incendios forestales) pueden afectar la calidad de los datos a pesar de un plan de aseguramiento de la calidad (QA) robusto. El objetivo principal de estos objetivos es generar datos de alta calidad con parámetros de rendimiento bien definidos, lo que permite una agregación y un análisis eficaces de los datos móviles para la toma de decisiones informada y las iniciativas de reducción de la contaminación en diversas aplicaciones. La Sección 12 detalla la evaluación de la efectividad en el cumplimiento de estos objetivos de calidad de los datos.

7. Métodos y equipos de monitoreo

Aclima desplegará dos métodos de monitoreo distintos pero complementarios, posibles gracias al uso de una flota mixta de AMPs y PMLs:

- **Monitoreo de área amplia** recolectado por AMPs (Plataformas Móviles de Aclima), con el monitoreo móvil guiado por un algoritmo dinámico en áreas de monitoreo definidas por la comunidad.
- **Monitoreo de área específica** para investigaciones de fuentes y áreas de preocupación concretas, recolectado por AMPs y PMLs (Laboratorios Móviles Asociados), con el monitoreo móvil guiado por preocupaciones sobre la calidad del aire y objetivos de monitoreo definidos por la comunidad.

7.1 Equipos de monitoreo

El monitoreo de área amplia como parte de este CAMP se realizará utilizando una flota de Plataformas Móviles de Aclima (AMPs, Figura 5).



Figura 5: Una Plataforma Móvil de Aclima.

Todas las AMPs cuentan con un conjunto de mediciones estandarizado que cubre una gama central de contaminantes prioritarios y gases de efecto invernadero (GHGs) mostrados en la Tabla 4, operando a una frecuencia de recolección de cada segundo (con la excepción del ozono, que se mide cada 2 segundos). La flota de Aclima realizará mediciones de monitoreo de área amplia durante todos los momentos del día y todos los días de la semana.

Tabla 4: Especies de contaminantes del aire y gases de efecto invernadero medidos por la AMP.

Contaminante	Frecuencia de Medición
Carbon Monoxide (CO)	1 seg

Dióxido de carbono (CO2)	1 seg
Óxido nítrico (NO)	1 seg
Dióxido de nitrógeno (NO2)	1 seg
Ozono (O3))	2 seg
Metano (CH4)	1 seg
Etano (C2H6)	1 seg
Compuestos orgánicos volátiles totales (COVT)	1 seg
Materia Particulada Fina	1 seg
Carbono negro	1 seg

Científicos experimentados del ámbito académico y de la industria desplegarán 3 Laboratorios Móviles Asociados (PMLs) que están equipados con instrumentos que miden un amplio conjunto de contaminantes tóxicos del aire especiados. Los PMLs son grupos de investigación de UC Berkeley, Aerodyne Labs y un consorcio que incluye investigadores de UC Riverside, Baylor University y University of Houston. Cada vehículo está hecho a medida con diferentes especificaciones e instrumentación. Los 3 vehículos toman muestras en tiempo real, con tiempos de muestreo que varían desde 1 segundo hasta 30 minutos, dependiendo del instrumento. Una lista completa de la instrumentación de los PML y los contaminantes medidos está disponible en el [Apéndice I](#). Algunas comunidades recibirán monitoreo de área específico por parte de Aclima y algunas recibirán monitoreo de área específico por parte de PML.

7.2 Métodos de Monitoreo - Monitoreo de Área Amplia

En el monitoreo de área amplia, la flota de Plataformas Móviles de Aclima recopilará datos dentro del límite del área de monitoreo definida para la comunidad. Las AMP medirán en carreteras de acceso público dentro de este límite, recopilando mediciones repetidas en diferentes horas del día, días de la semana y estaciones.

Aclima llevará a cabo el monitoreo dentro del límite definido de manera que la flota complete un promedio de 20 mediciones repetidas distribuidas en todas las carreteras residenciales y principales en todos los grupos de bloques censales para proporcionar una cobertura adecuada en toda el área de monitoreo. Sin embargo, en lugar de especificar el número de muestras en cualquier longitud específica de carretera dentro de cada grupo de bloques censales, Aclima utiliza un algoritmo de muestreo móvil dinámico que se actualiza diariamente con el objetivo específico de recopilar datos que maximicen la mejora en la caracterización de la calidad del aire de una ubicación. Este enfoque garantiza que se recopilen suficientes mediciones en áreas donde una mayor variabilidad de contaminantes requiere un muestreo adicional para lograr la representatividad, o mediciones que sean representativas de las condiciones durante el período de monitoreo específico. El sistema utiliza datos observados en combinación con modelos predictivos para priorizar la recopilación de datos donde existe una necesidad específica basada en características observadas como una gran discrepancia entre la calidad del aire esperada y observada en una ubicación, una cantidad relativamente pequeña de datos recopilados hasta la fecha, una necesidad de una mayor

densidad de recopilación de datos en una ubicación específica basada en una necesidad comunitaria identificada y otras consideraciones de calidad del aire.

El algoritmo de muestreo móvil garantiza la recopilación de datos suficientes para respaldar el cálculo de estimaciones de concentración ambiental con resolución espacial. Además, el método apoya la identificación de fuentes y la evaluación de impactos desproporcionados al dirigir más muestreo en regiones donde hay una mayor variación en las concentraciones de contaminación o alrededor de lugares de interés para la comunidad. Para una discusión detallada del monitoreo móvil de área amplia y el algoritmo de monitoreo móvil dinámico, consulte la documentación de control de calidad de Aclima en los [Apéndices C, D y E](#).

El límite del área de monitoreo de área amplia para San Francisco se muestra en la Sección 8: Áreas de Monitoreo.

7.3 Métodos de Monitoreo - Monitoreo de Área Específica

Aclima y sus socios de investigación llevarán a cabo un monitoreo de área específica que se centrará en preocupaciones específicas sobre la contaminación del aire a escalas espaciales más pequeñas. Esto implica el monitoreo en un área relativamente pequeña durante un período de tiempo más corto (aproximadamente de 1 a 2 semanas) y está diseñado para complementar la cobertura del monitoreo de área amplia al proporcionar información más detallada sobre un área específica de preocupación. Esto puede proporcionar tanto una caracterización mejorada de las fuentes de contaminación como una evaluación de las ubicaciones de preocupación y los receptores sensibles en la comunidad que se ven afectados por las emisiones de las fuentes. El monitoreo de área específica está diseñado para realizar una caracterización química, temporal y/o espacial detallada en un número selecto de ubicaciones de preocupación identificadas por las comunidades. La caracterización puede incluir aspectos como información temporal más densa sobre los contaminantes por hora del día, especiación química detallada alrededor de las fuentes de preocupación en un área particular, o información espacial sobre la ubicación de una fuente de emisión y la extensión de las áreas y las personas afectadas por la fuente.

El método de monitoreo móvil para el monitoreo de área específica es diferente del utilizado para el monitoreo de área amplia. Por la naturaleza del monitoreo de área específica, se necesita un método de conducción más personalizado para respaldar los objetivos y las preocupaciones del monitoreo del aire específicos de cada comunidad. Al igual que con el monitoreo de área amplia, la representatividad se logra mediante la realización de mediciones repetidas para caracterizar suficientemente las concentraciones de contaminantes; sin embargo, las mediciones repetidas típicamente (aunque no exclusivamente) ocurrirán durante un período de tiempo más condensado en estas investigaciones específicas.

La Sección 8 (Áreas de Monitoreo) detalla el estudio de monitoreo de área específica que se llevará a cabo en San Francisco.

7.4 Fortalezas y limitaciones del monitoreo móvil

Debido a la naturaleza del monitoreo móvil y cómo difiere del monitoreo estacionario, existen fortalezas y limitaciones inherentes a este enfoque.

- El monitoreo móvil puede cubrir más área con una resolución espacial más alta que las redes estacionarias (es decir, menos vacíos espaciales en la cobertura). Sin embargo, debido a que los vehículos de monitoreo móvil solo pueden pasar un período de tiempo limitado en una ubicación determinada, puede haber vacíos de tiempo para esa ubicación donde no hay datos de monitoreo disponibles.

- Los sensores e instrumentos de monitoreo móvil pueden recopilar datos válidos sobre una amplia variedad de contaminantes importantes para informar la acción comunitaria, pero para lograr una alta resolución espacial, recopilan datos sobre menos contaminantes y con menor precisión y exactitud de lo que es posible en las redes estacionarias. Como resultado, los sensores de monitoreo móvil no están certificados por la EPA de EE. UU. para recopilar datos que puedan compararse con los estándares nacionales de calidad del aire ambiente (NAAQS) y utilizarse en acciones regulatorias bajo la Ley de Aire Limpio. Para ciertas acciones regulatorias, puede ser necesario un estudio de seguimiento utilizando métodos de monitoreo aprobados por la EPA de EE. UU.
- Si bien el monitoreo móvil puede proporcionar una cantidad significativa de información en un área geográfica determinada, los vehículos de monitoreo pueden estar presentes en esa área por un período de tiempo limitado. Esto puede significar que los eventos raros o los patrones estacionales no se capturen en el conjunto de datos.

8. Monitoring Areas

8.1 Asignación de Millas Comunitarias

Aclima puede mapear un número finito de millas de carretera (aproximadamente 12,000 millas de longitud de carretera) para recopilar suficientes mediciones repetidas necesarias para caracterizar concentraciones de contaminantes representativas durante el período de monitoreo de nueve meses. En consulta con el Grupo de Expertos del Proyecto (PEG), Aclima desarrolló un método para asignar recursos de monitoreo para el monitoreo de área amplia en las 64 CNC que forman parte de la SMMI. El enfoque involucró 3 pasos:

1. El número total de millas de carretera disponibles se distribuyó entre los distritos de aire de acuerdo con la proporción de población contenida dentro de cada uno de los 5 distritos de aire que contienen las 64 CNC (Condado Imperial, Costa Sur, Valle de San Joaquín, Área Metropolitana de Sacramento y Área de la Bahía). Esto resultó en la asignación del 100% de las millas de carretera para las CNC en los Distritos de Aire del Condado de Sacramento, San Joaquín y el Condado Imperial, porque la proporción de la población de estos distritos de aire es mayor que su proporción de las millas de carretera de las CNC en comparación con la de todas las CNC. Para las CNC del Área de la Bahía y la Costa Sur, había más millas presentes dentro de las CNC de las que había millas disponibles, y por lo tanto se requirió un método para asignar las millas restantes entre las CNC individuales.
2. Se definió una métrica de priorización personalizada para cada tramo censal en todas las CNC para clasificar las CNC según diversos indicadores socioeconómicos y ambientales. Este método de priorización se definió en consulta con el PEG. A continuación, se describe cómo se definió esta métrica de priorización.
3. Los tramos censales individuales dentro de las CNC se seleccionaron sucesivamente en función de esta clasificación personalizada hasta que se agotaron las millas de carretera totales disponibles para el monitoreo en cada distrito de aire. La longitud en millas de carretera de los tramos censales seleccionados se suma para cada CNC, y ese total es el número de millas disponibles para el monitoreo para esa CNC. El número total de millas asignadas a cada comunidad mediante este método se presenta en el [Apéndice B](#).

La métrica de priorización se creó como una alternativa al puntaje de [CalEnviroScreen](#) (CES), abordando las preocupaciones planteadas por el PEG sobre la relevancia de muchas de las métricas utilizadas en CalEnviroScreen tal como se aplican a la SMMI. La metodología que utilizó Aclima, en coordinación con el PEG, se describe a continuación.

- Aclima propuso una ponderación personalizada de indicadores ambientales y socioeconómicos individuales relevantes para las metodologías de monitoreo de la SMMI (incluidos algunos de CalEnviroScreen más otros). La ponderación se determinó mediante una encuesta a los miembros del PEG, quienes asignaron pesos a cada indicador disponible.
- Normalización de la Puntuación de la Encuesta: Se utilizó el método Máximo/Mínimo para normalizar las respuestas de la encuesta de los miembros del PEG a una escala de 0 a 1. Esto aseguró que las tendencias de los encuestados individuales a dar calificaciones consistentemente más altas o más bajas no sesgaran los resultados generales.
- Ponderación y Puntuación de los Indicadores: Los resultados brutos normalizados de la encuesta se utilizaron para crear factores de ponderación para cada indicador. Estos factores de ponderación se muestran en el [Apéndice B](#). Para cada tramo censal, se deriva una puntuación de asignación de millaje convirtiendo cada valor del indicador en un rango percentil en todos los tramos censales contenidos en las CNC. Este rango se multiplica por su peso correspondiente, sumando todos los indicadores y normalizando a un valor entre 1 y 100. Los indicadores se tomaron de CES 4.0 y se agregaron dos indicadores adicionales no CES: la densidad de [AB2588 Air Toxics Hot Spots](#) y la densidad de grandes fuentes permitidas, ambos medidos como el número de fuentes por unidad de longitud de carretera en los tramos censales. Algunas de las fuentes en el inventario no tenían emisiones reportadas; estas fuentes se eliminaron primero antes de calcular la densidad de fuentes.
- Cálculo de la Puntuación Final: Las puntuaciones ponderadas para cada indicador se sumaron para cada tramo censal. Este resultado sumado se normalizó luego a una escala de 1 a 100 para crear una puntuación de asignación de millaje PEG para cada tramo censal contenido dentro de las 64 CNC. Los indicadores y puntuaciones finales están disponibles en el [Apéndice B](#).

Si bien este enfoque resultó en la priorización de ciertos tramos censales dentro de las CNC, los Líderes de Participación pudieron trabajar directamente con las comunidades para utilizar el millaje de carretera presupuestado para esas comunidades y seleccionar los límites de monitoreo de acuerdo con las prioridades de monitoreo indicadas por las comunidades.

8.2 Cobertura del Monitoreo de Área Amplia

Los vehículos de Aclima recopilarán mediciones detalladas de contaminación basadas en la ubicación y el tiempo en toda la comunidad. Esto ocurrirá durante un período de nueve meses mientras los vehículos circulan por carreteras que están abiertas al público. Los vecindarios específicos donde se llevará a cabo este monitoreo móvil fueron decididos por los propios miembros de la comunidad durante las reuniones dirigidas por los Líderes de Participación.

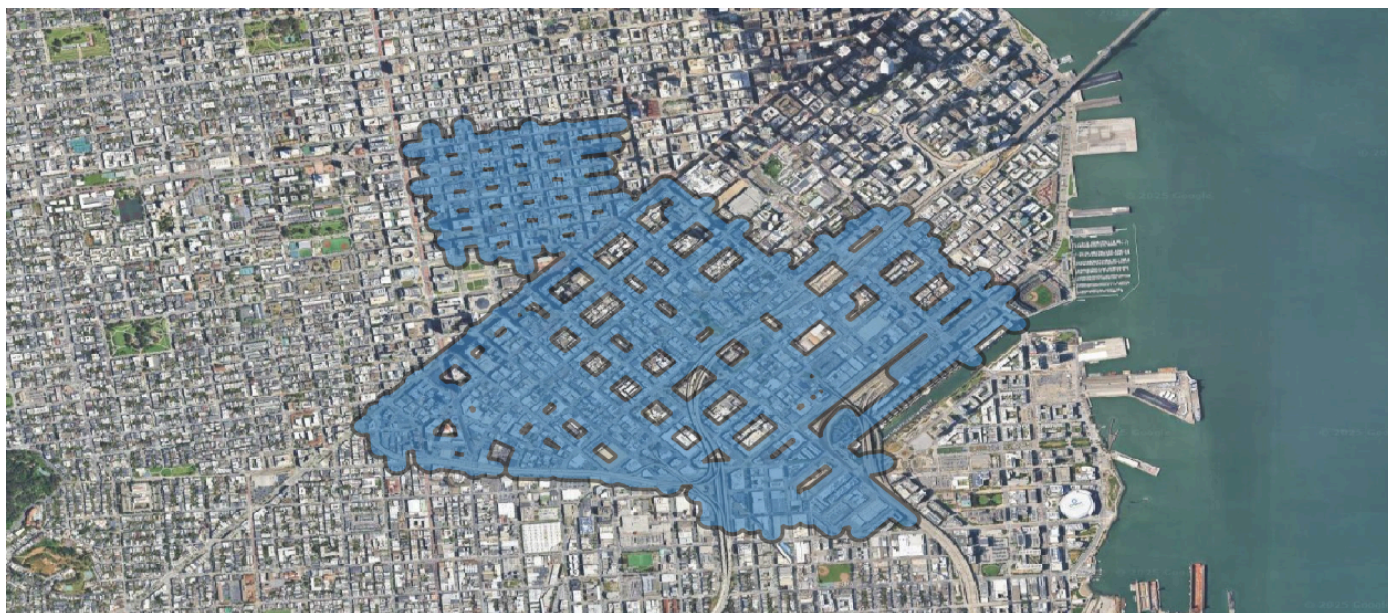


Figura 6: Mapa de las áreas seleccionadas para el monitoreo móvil. Datos del mapa ©2025 Google

8.3 Monitoreo de Área Específica

Los estudios de monitoreo de áreas específicas están diseñados para abordar con flexibilidad las preocupaciones específicas sobre la calidad del aire planteadas por las comunidades. El método de monitoreo, el enfoque de análisis de datos y el enfoque de visualización se adaptarán para recopilar, visualizar e interpretar los datos de la manera más eficaz y proporcionar resultados que, en última instancia, puedan utilizarse para abordar el problema de la contaminación atmosférica. Aclima y los PML, con la orientación del PEG, han desarrollado un método basado en un conjunto modular de enfoques predeterminados de monitoreo, análisis y visualización que pueden combinarse de forma única para abordar diversos tipos de preocupaciones y objetivos de monitoreo.

La encuesta sobre la calidad del aire, las reuniones comunitarias realizadas por los EL y otras actividades de extensión realizadas con miembros de la comunidad y representantes del distrito del aire identificaron y priorizaron las preocupaciones sobre la calidad del aire de la comunidad (detalladas en la Sección 2.3).

A partir de los objetivos de preocupación y monitoreo, se selecciona un enfoque de monitoreo, análisis y visualización que sea más apropiado para brindar resultados procesables que ayuden a abordar las preocupaciones sobre la calidad del aire de la comunidad.

El estudio de área específica para San Francisco será realizado por Aclima y abordará la preocupación identificada por la comunidad cerca de la Escuela Primaria Bessie Carmichael (Calle 7 n.º 375) y la Escuela Intermedia (Calle Harrison n.º 824) sobre la avenida Baseline, una zona de impacto general, con tráfico vehicular (especialmente camiones) como principal fuente, especialmente cerca de las entradas y salidas de la autopista (I-80). El objetivo principal de monitoreo de este estudio de área específica es identificar impactos desproporcionados. Algunos de los contaminantes clave que se analizarán incluyen carbono negro, PM2.5, CO y NO2. Este estudio de área específica se realizará utilizando el siguiente enfoque de monitoreo:

- **Estudio general** Monitoreo repetido a lo largo de una ruta predeterminada o en todas las carreteras de un área predefinida, con el objetivo de recopilar datos de contaminantes del aire de forma uniforme a lo largo del tiempo. Las plataformas móviles de Aclima recopilarán datos en diferentes momentos del día, incluso durante la noche.

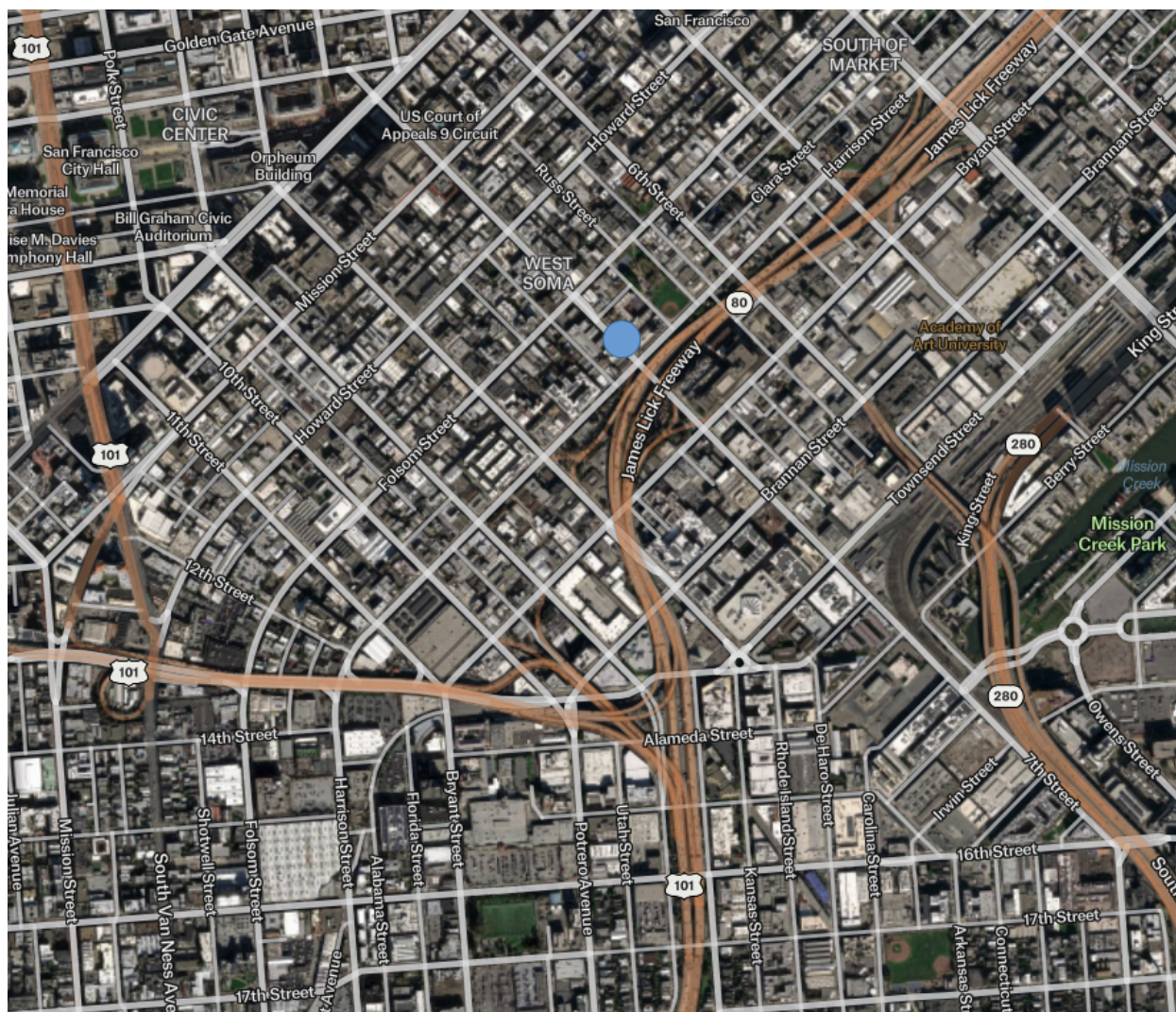


Figura 7: Mapa que muestra el área general para el estudio del área objetivo. El plan de recorrido real y el alcance del monitoreo están por determinarse. Datos del mapa Map © [OpenStreetMap](#) © Stadia Maps, CNES, Airbus DS, PlanetObserver (cont. Copernicus Data).

9. Procedimientos de control de calidad

Los procedimientos de control de calidad son una parte importante de todos los planes de monitoreo del aire porque describen el trabajo que se realizará antes, durante y después del período de medición para asegurar que los datos recolectados cumplan con nuestros objetivos de calidad de los datos.

9.1 Procedimientos de Aseguramiento de la Calidad y Control de Aclima

Aclima cuenta con un conjunto integral de procedimientos de control de calidad (QC) implementados durante todo el proceso de monitoreo, desde el momento en que los sensores se instalan en los vehículos hasta que se analizan los datos finales. Estos procedimientos nos ayudan a rastrear y minimizar la incertidumbre, asegurando que los datos recolectados sean apropiados para los objetivos de monitoreo previstos. A continuación, se presenta una breve descripción general de estos procedimientos. Una descripción completa de estos procedimientos se incluye como documentos adjuntos en los [Apéndices C, D y E](#), incluyendo la frecuencia con la que se realizan las verificaciones de control de calidad.

Asegurando que los Sensores Midan con Exactitud: Calibración

La calibración es una parte fundamental de nuestro proceso de control de calidad. Comparamos nuestros sensores con instrumentos y estándares de referencia confiables para asegurarnos de que estén reportando los niveles correctos de contaminantes. Hacemos esto en varias etapas:

- **Antes del Despliegue (Calibración Previa al Despliegue):** Antes de que nuestros vehículos de monitoreo móvil comiencen a recolectar datos en la comunidad, cada sensor se somete a un minucioso proceso de calibración.
- **Durante y Después del Despliegue (Verificación de Calibración):** Durante y después de un período de monitoreo móvil, los sensores se llevan de regreso a nuestras instalaciones de calibración y se recalibran utilizando los mismos métodos que antes del despliegue. Esto nos ayuda a ver si los sensores han experimentado deriva o han cambiado sus lecturas durante el período de monitoreo. Las verificaciones de calibración se realizarán aproximadamente una vez cada 6-8 semanas durante el período de monitoreo de 9 meses.
- **Abordando la Deriva de Calibración:** Si encontramos que la calibración de un sensor se ha desplazado entre dos eventos de calibración cualesquiera, revisamos cuidadosamente los datos y podemos aplicar ajustes para asegurar la exactitud de las mediciones tomadas durante el período de monitoreo. La forma en que corregimos la deriva depende del contaminante y del tipo de producto de datos (por ejemplo, promedios a largo plazo versus picos a corto plazo).

Verificaciones Continuas Durante el Monitoreo:

Existen varias verificaciones continuas que se realizan mientras los vehículos de monitoreo móvil están en el campo:

- **Verificaciones del Conductor:** Nuestros conductores capacitados realizan inspecciones visuales diarias del sistema de monitoreo, lo que incluye la revisión de las líneas de muestreo y la realización de verificaciones de **cero del PM** (material particulado) para asegurar que el sistema esté operando correctamente. También monitorean la conectividad de los datos y limpian la entrada del sensor de carbono negro.
- **Verificaciones Automatizadas del Sistema:** Nuestra plataforma móvil monitorea continuamente diversos **indicadores del estado del sistema**, como la temperatura, la presión, la humedad y los caudales dentro de los sensores. Si estos indicadores caen fuera de los rangos aceptables, los datos se marcan automáticamente para su revisión. Esto nos ayuda a identificar posibles problemas de manera temprana.

- **Revisión Manual de Datos:** Nuestro personal técnico monitorea de forma remota los datos entrantes y los diagnósticos del sistema semanalmente para buscar tendencias, patrones inusuales o posibles problemas con los sensores que las verificaciones automatizadas podrían pasar por alto. Podemos comparar nuestros datos con los de las estaciones reguladoras de monitoreo del aire cercanas para proporcionar contexto sobre cómo se comportan generalmente los contaminantes a lo largo del tiempo en la región.

Abordaje y Corrección de Problemas:

Si se detecta algún problema durante nuestras verificaciones de control de calidad, contamos con los siguientes procedimientos para abordarlos:

- **Solución de Problemas y Reparaciones:** Para problemas menores, los conductores pueden realizar reparaciones sencillas en el campo. Para problemas más complejos, los sensores o incluso el Nodo Móvil de Aclima (AMN) completo pueden devolverse a nuestras instalaciones de calibración para su reparación, recalibración o reemplazo.
- **Marcado y Exclusión de Datos:** Si identificamos datos que probablemente sean inexactos debido a un mal funcionamiento del sensor u otro problema, marcamos (o señalizamos) estos datos en nuestro sistema. Los datos gravemente comprometidos se excluyen de análisis posteriores para evitar que afecten los productos de datos finales. Los datos que puedan tener una incertidumbre ligeramente mayor se anotan y pueden manejarse con más cautela. Se indicarán tanto la gravedad como el motivo del marcado.
- **Marcado y Exclusión de Datos:** Si identificamos datos que probablemente sean inexactos debido a un mal funcionamiento del sensor u otro problema, marcamos (o señalizamos) estos datos en nuestro sistema. Los datos gravemente comprometidos se excluyen de análisis posteriores para evitar que afecten los productos de datos finales. Los datos que puedan tener una incertidumbre ligeramente mayor se anotan y pueden manejarse con más cautela. Se indicarán tanto la gravedad como el motivo del marcado.

Tabla 5: Resumen de los Procedimientos de Control de Calidad (QC) de Aclima y su Frecuencia.

Actividad de Control de Calidad	Frecuencia
Verificaciones de calibración	Cada 6-8 semanas
Revisión manual de datos	Semanal
Verificaciones diarias del sistema por parte del conductor (puesta a cero del PM, conectividad de datos, revisiones de tuberías y cables)	Diario
Mantenimiento rutinario (intercambio de filtros internos u otros consumibles, comprobaciones de fugas)	Cada 6-8 semanas en las verificaciones de calibración
Comprobaciones de instalación y desinstalación (comprobaciones de flujo, limpieza de la línea de muestreo, cambios de filtro de la línea de muestreo, etc.)	Cada 6-8 semanas en las verificaciones de calibración
Mantenimiento a pedido	Según sea necesario

Colocación de AMN de Aclima en Sitios Reguladores

Se instalarán AMNs (Nodos Móviles de Aclima) de Aclima en entre 1 y 3 sitios de monitoreo regulatorio operados por CARB (Junta de Recursos del Aire de California) o por distritos locales de calidad del aire en California para realizar intercomparaciones a largo plazo, con el fin de comparar directamente las mediciones de Aclima con las mediciones regulatorias. Estas intercomparaciones se evaluarán y cuantificarán utilizando diversos Indicadores de Calidad de los Datos (DQIs) (por ejemplo, sesgo, precisión, error de sesgo medio, R2, etc.). A la fecha de publicación de este CAMP, se ha instalado un AMN en un sitio regulatorio en Sacramento.

Documentación y Supervisión:

Aclima mantiene registros detallados de todas nuestras actividades de control de calidad. Esto incluye registros de calibración, bitácoras de mantenimiento, notas de revisión de datos y cualquier ajuste realizado a los datos. Nuestro Gerente de Aseguramiento de la Calidad es responsable de supervisar nuestro sistema de aseguramiento de la calidad, asegurando que se sigan nuestros procedimientos y que nuestros datos cumplan con altos estándares de calidad. Los resultados de los registros de calibración se resumirán en el informe final del proyecto.

10. Gestión de datos

La sección describe brevemente cómo el sistema de Aclima gestiona los datos de los Nodos Móviles de Aclima (AMN) y los Laboratorios Móviles Asociados (PML) a lo largo de la campaña SMMI, cumpliendo con elementos específicos del Alcance del Trabajo relacionados con los procedimientos de gestión de datos y los mecanismos de transferencia. Una descripción detallada de la Gestión de Datos se puede encontrar en el [Apéndice F](#).

10.1 Categorías y niveles de datos

Los datos recopilados como parte de este CAMP variarán desde mediciones de 1 segundo utilizadas para el análisis, combinaciones o resúmenes de datos recopilados durante todo el período de observación y alertas más rápidas de la detección de altas concentraciones. Aclima organiza estos datos además en niveles que reflejan el grado de procesamiento, desde el nivel más bajo (Nivel 0, o L0) en la lectura del sensor hasta el nivel alto (Nivel 4, o L4) análisis modelados que sintetizan puntos de datos individuales en información procesable y resúmenes de datos para la difusión a través de la visualización y la presentación de informes.

Tabla 6: Niveles de procesamiento de datos de Aclima. Los asteriscos (*) indican los niveles de datos proporcionados a CARB o en apoyo de la comunicación no científica y la visualización de la comunidad.

Niveles de Datos	Nombre	Definición	Ejemplo
0	Señal sin procesar	Señal original producida por el sensor.	Voltaje, número digital, datos sin procesar del espectro de masas
1	Magnitudes geofísicas intermedias	Derivado de datos de nivel 0 utilizando principios físicos básicos o ecuaciones de calibración.	Concentración en ppb o ug/m3

2a*	Magnitudes geofísicas estándar	Estimación utilizando el sensor más las mediciones físicas asociadas directamente relacionadas con el principio de medición.	NO ₂ derivado de O ₃ y Ox (O ₃ +NO ₂) Corrección de temperatura y humedad a las estimaciones del sensor. Picos de metano y tóxicos atmosféricos especiados derivados de datos de series temporales.
2b	Magnitudes geofísicas estándar, ampliadas	Nivel 2a pero utilizando fuentes de datos externas para la corrección de artefactos y directamente relacionado con el principio de medición.	No está previsto su uso en el esfuerzo SMMI.
3*	Magnitudes geofísicas avanzadas	Productos geoespaciales agregados utilizando métodos estadísticos estándar.	Mapas básicos de concentración promedio. Mapas de eventos de mejora.
4*	Magnitudes geofísicas espacialmente continuas, fenomenología espacio-temporal modelada	Productos geoespaciales agregados que utilizan modelos estadísticos avanzados y datos potencialmente externos	Mapas de concentración reconstruidos estadísticamente con intervalos de confianza. Mapas de puntos calientes

10.2 Flujo de gestión de datos

El canal de gestión de datos incluye cinco etapas que gestionan los datos desde la recopilación hasta el análisis. En primer lugar, los datos de los sensores de 1 Hz y sus metadatos se publican en sistemas remotos (en la nube). A continuación, los datos de los sensores y sus metadatos se incorporan al almacenamiento en la nube de Aclima. Estos datos de Nivel 0 se archivan para garantizar su inalteración. Los datos PML se procesan por separado, pero en formatos compatibles. Los datos brutos de Nivel 0 se transforman en magnitudes físicas calibradas (Nivel 1) y mediciones estándar refinadas (Nivel 2a), aplicando las correcciones necesarias, ajustes de desplazamiento temporal para el retardo del sensor y marcando la calidad de los datos tanto de forma automatizada como manual. A continuación, los modelos se utilizan para agregar información L1/L2a en productos de datos geoespaciales de nivel superior (Nivel 3 mediante métodos estadísticos estándar y Nivel 4 con técnicas avanzadas de modelado) para identificar las fuentes de emisión y las zonas desproporcionadamente afectadas. Por último, los datos de todos los niveles se etiquetan y almacenan mediante un almacenamiento de datos en la nube escalable. Los datos originales recopilados siempre se conservan y se toman instantáneas en estados críticos. CARB tendrá acceso durante un período de tres meses después del contrato.

10.3 Revisión de datos y aseguramiento de la calidad

El sistema de gestión de datos incorpora soporte para verificaciones de revisión de datos, definidas como el marcado (o señalización) manual o automatizado de señales automáticas provenientes de las series temporales de los sensores. Los detalles científicos de la revisión de datos se pueden encontrar en los [Apéndices C, D, E y F](#). Diferentes actividades de revisión de datos y aseguramiento de la calidad (QA) tienen lugar en diferentes etapas.

Durante el despliegue activo de un dispositivo de monitoreo y a medida que los datos se transmiten a la nube, el equipo de monitoreo verifica periódicamente (mediante una combinación de procesos manuales y automatizados) los datos que se están ingiriendo para marcar cualquier problema con los sensores o con la calidad de los datos a medida que surgen. Siempre que es posible, los problemas se resuelven rápidamente en el campo. Se marcan los datos que deben omitirse de su uso por cualquier motivo (por ejemplo, fugas, fallo del sensor, obstrucción del flujo, etc.).

Una vez finalizado el despliegue de un dispositivo de monitoreo (cuando el dispositivo regresa a su base), el equipo de monitoreo realiza una revisión completa de todos los datos de los sensores recolectados durante el despliegue de ese dispositivo, para asegurar que cualquier problema que pudiera haber pasado desapercibido durante el período de despliegue se detecte antes de que los datos se verifiquen finalmente. Una vez más, cualquier problema de datos bien caracterizado se marca y se señalan las omisiones de uso.

Una vez finalizado el despliegue de todos los dispositivos de monitoreo de la flota (cuando todos los dispositivos regresan a la base y el período de monitoreo ha terminado), todos los datos recolectados se reprocesan para tener en cuenta las marcas y omisiones y para preparar los datos para su entrega a CARB (Junta de Recursos del Aire de California) y a la comunidad.

Los datos originales provenientes de los sensores siempre se conservan, así como todas las anotaciones de los diversos pasos de revisión y aseguramiento de la calidad, para que la inclusión u omisión de datos específicos pueda rastrearse adecuadamente.

10.4 Transferencia de datos

Los datos L2a finalizados se transferirán a CARB a través de almacenamiento seguro en la nube, siguiendo un esquema definido compatible con el AQS de la EPA cuando sea aplicable. Se especifican el formato de los archivos y la cadencia de entrega.

10.5 Visualización de datos

Los datos se utilizarán para crear conjuntos de datos y visualizaciones (por ejemplo, StoryMaps de Esri) enfocados en identificar fuentes de contaminación y áreas de impacto desproporcionado, con plantillas y capas de datos específicas descritas. Aclima desarrollará estos, pero CARB será propietaria y alojará los StoryMaps finales.

11. Plan de trabajo para la realización de mediciones de campo

El plan debe describir los procedimientos de campo que seguirán quienes realicen las mediciones y proporcionar el cronograma para el monitoreo del aire comunitario. Los procedimientos de campo detallan las tareas individuales

con suficiente detalle para que el personal del distrito de aire o los miembros de la comunidad con la capacitación necesaria puedan completar las tareas. Los ejemplos de procedimientos de campo específicos incluyen la documentación de las acciones en los libros de registro, la cumplimentación de los formularios de la cadena de custodia y la realización de procedimientos específicos de control de calidad. El cronograma debe establecer la duración de las mediciones de campo e indicar los hitos para la finalización de las tareas clave. El plan también describirá los pasos de comunicación y coordinación para garantizar que el personal de campo sepa a quién contactar para preguntas y cómo se entregan los productos de trabajo. También se deben documentar las consideraciones de seguridad pertinentes.

El plan de trabajo para las mediciones de campo se distingue por el enfoque de monitoreo.

11.1 Monitoreo de área amplia

11.1.1 Materiales y procedimientos de campo

El monitoreo de área amplia involucra principalmente a la flota de Aclima (Plataformas Móviles de Aclima, o AMP). Cada vehículo es operado por un empleado de Aclima, que comienza su turno en un centro local encendiendo los instrumentos, realizando una revisión de seguridad y solucionando problemas. Su día de conducción es administrado por una aplicación móvil en su vehículo e incluye descansos obligatorios. El día termina de regreso en la instalación y una rutina de apagado. Durante el día, cada AMP está activo en una ruta, recopilando constantemente datos a intervalos de 1 segundo.

11.1.2 Comunicación y coordinación

El equipo de operaciones utiliza una variedad de aplicaciones de software para la comunicación, la gestión de la flota, la seguridad y la navegación:

- La información para cada operador que comienza su turno se comunica a través de una aplicación de mensajería.
- Cada operador puede acceder a los recursos en línea (instrucciones escritas y en video) que describen los procedimientos operativos estándar específicos y proporcionan recursos para una variedad de situaciones encontradas.
- Cualquier foto o nota que el operador tome durante el día se captura a través de una aplicación dedicada de gestión de la flota.
- Una interfaz de sensor/instrumento proporciona información básica al operador sobre el estado del informe de datos.
- Una aplicación de mapeo de tablero carga el plan de monitoreo para el día y proporciona orientación sobre la ruta que debe seguir el operador.
- Para la comunicación general, se mantiene una línea telefónica de despacho.
- Los operadores también pueden presentar tickets para problemas que no se pueden resolver de inmediato.
- La capacitación y los problemas de seguridad se manejan a través de una plataforma dedicada.

11.1.3 Cronograma: duración, frecuencia, hitos y plazos

El monitoreo de área amplia se realizará mediante las plataformas móviles de Aclima (AMPs) desde junio de 2025 hasta finales de febrero de 2026, lo que suma un total de aproximadamente nueve meses de monitoreo.

11.2 Monitoreo de área específica

Además del Monitoreo de Área Amplia, la siguiente sección detalla el plan de trabajo para el monitoreo de Área Específica que se llevará a cabo en San Francisco.

11.2.1 Materiales y procedimientos de campo

El monitoreo de área específica que es realizado por los vehículos de Aclima seguirá los procedimientos descritos para el monitoreo de área amplia en 11.1.1.

11.2.2 Comunicación y coordinación

El monitoreo de área específica seguirá los procesos de comunicación y coordinación descritos en 11.1.1.

11.2.3 Timeline: duration, frequency, milestones, and deadlines

El monitoreo de área específica se llevará a cabo durante un período de aproximadamente 1 a 2 semanas durante el período de monitoreo de área amplia de 9 meses.]

¿Cómo se utilizarán los datos para tomar medidas?

12. Evaluación de la efectividad

El plan de trabajo de monitoreo y los datos se evaluarán en todas las etapas de la fase de monitoreo de la SMMI para garantizar que se cumplan los objetivos de monitoreo del aire. Estas evaluaciones incluyen procesos continuos durante el monitoreo, la revisión de datos mientras la recopilación está en curso y la verificación de datos al final del período de monitoreo después de que se hayan recopilado todos los datos. Para obtener detalles adicionales sobre estos procesos, consulte nuestra documentación detallada de control de calidad en los [Apéndices C, D y E](#).

12.1 Evaluación de la efectividad durante el período de monitoreo:

La efectividad se evaluará continuamente durante la fase activa de recopilación de datos para garantizar que el monitoreo progrese según lo planeado y que los posibles problemas se identifiquen y aborden de manera oportuna. Esta evaluación continua incluirá varios componentes clave:

- **Revisión Manual de Datos:** El personal de Aclima realizará evaluaciones semanales del rendimiento de los vehículos y sensores, así como de la calidad general de los datos. Estas revisiones consisten en la revisión visual de los datos de series de tiempo de todos los sensores en cada vehículo implementado, la respuesta a las alertas automatizadas para patrones específicos conocidos de problemas del dispositivo (por ejemplo, fugas en la línea de muestreo) y la implementación de acciones correctivas según sea necesario, y una revisión de otros datos de diagnóstico asociados.
- **Comprobaciones Automatizadas de la Calidad de los Datos:** El procesamiento de datos incluye indicadores de estado automáticos que señalan cuándo las mediciones se encuentran fuera de las especificaciones ambientales o físicas predefinidas para los sensores. Estas banderas sirven como alertas inmediatas para posibles fallas del sensor, anomalías en los datos (por ejemplo, valores negativos o concentraciones fuera del rango del sensor) o problemas con los sistemas de soporte como las tasas de flujo. Estas comprobaciones ocurren a medida que los datos fluyen a través del proceso de datos, casi en tiempo real.
- **Revisión de Datos Contextuales:** Cuando estén disponibles, los datos de los sitios de monitoreo regulatorio dentro del área de mapeo se utilizarán para proporcionar contexto para las tendencias de calidad del aire a gran escala a lo largo del tiempo. Esto permite una comparación de los datos de los sensores de Aclima con las redes establecidas, lo que ayuda a identificar si los patrones observados son consistentes con tendencias más amplias o potencialmente indicativos de problemas con las mediciones de Aclima. Durante estas comparaciones se considerarán factores como la distancia entre las mediciones móviles y estacionarias, el tipo de carretera, el tipo de sitio y la agregación temporal. Estas evaluaciones ocurren semanalmente como parte del proceso de revisión manual.
- **Objetivos de Calidad de la Medición:** Los criterios cuantitativos aceptables para los indicadores de calidad de los datos en los sensores individuales (por ejemplo, precisión y sesgo) servirán como puntos de referencia para evaluar la efectividad. Estos se denominan criterios de aceptación de calibración en nuestro documento detallado de Garantía de Calidad ([Apéndice C](#)). Además de la calibración previa al inicio del monitoreo, todos los AMN recibirán recalibraciones aproximadamente cada 3 meses durante el período de monitoreo de 9 meses, incluyendo al final del monitoreo.
- **Verificación de Datos:** Se llevará a cabo un proceso exhaustivo de verificación de datos de forma continua durante todo el período de monitoreo para producir datos finalizados en incrementos mensuales con un retraso de 3 meses. El proceso de verificación de datos consta de 1) un proceso de revisión manual de datos, 2) una revisión de los resultados de calibración, 3) la aplicación (cuando sea necesario) de parámetros de calibración ajustados y banderas de calidad de datos para el reprocesamiento de datos, y 4) una revisión final de los datos reprocesados con los ajustes de calibración y las banderas de calidad de datos aplicados. Durante este proceso, todas las comprobaciones de calidad de datos descritas anteriormente se vuelven a evaluar justo antes e inmediatamente después de cualquier reprocesamiento de datos. Esta es la etapa final antes de que los datos se finalicen y ocurrirá en incrementos mensuales no más de 3 meses después de que se recopilen los datos.
- **Evaluación de la Integridad del Monitoreo de Área Amplia:** Las campañas de monitoreo móvil de Aclima están diseñadas para recorrer repetidamente las carreteras en un área de monitoreo de tal manera que las carreteras se visiten 20 veces en promedio. Un sistema automatizado de planificación de rutas evalúa la cantidad de cobertura de conducción en toda una región diariamente y dirige a los conductores a priorizar la visita a las carreteras en regiones relativamente poco recorridas. Además, los analistas de Aclima monitorean continuamente la cobertura de conducción temporal y espacial en caso de que se necesite el enrutamiento manual para evitar regiones con un número inesperadamente bajo de visitas. Esto se rastrea midiendo el número promedio de mediciones en cada carretera por bloque censal.

12.2 Evaluación de la efectividad al final del Período de Monitoreo:

Al concluir las fases de recopilación y verificación de datos, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la efectividad general de la iniciativa de monitoreo del aire comunitario. Esta evaluación final se documentará en el informe final de la SMMI y proporcionará una valoración general de la incertidumbre asociada con los datos recopilados y los productos de datos derivados. Esto abarcará diversas fuentes de error, incluyendo la variabilidad intra-red (incertidumbre entre diferentes plataformas de monitoreo), la comparabilidad inter-red (comparación con otras redes de monitoreo, como los sitios regulatorios), los errores de medición específicos del sensor y los errores de modelado y muestreo.

- **Comparación con Datos Externos:** El informe incluirá comparaciones entre las mediciones de Aclima y los datos de los sitios de monitoreo estacionarios regulatorios. Estas comparaciones evaluarán la exactitud y precisión de las mediciones móviles de Aclima con métodos de referencia establecidos en diversas escalas de tiempo. Se utilizarán métricas como el Error Medio de Sesgo (MBE), el Error Medio Absoluto (MAE) y el R^2 para cuantificar la concordancia entre los conjuntos de datos. Además, se incluirán comparaciones de las estimaciones modeladas de concentración ambiental con los promedios anuales de los monitores regulatorios cercanos para evaluar el rendimiento general de los productos de datos.
- **Resultados de Calibración de Aclima:** Resultados de los eventos de calibración realizados en los Nodos Móviles de Aclima (AMN), tanto antes como después de su implementación. Estos resultados ayudarán a caracterizar el error de medición típico a nivel del dispositivo al comparar las lecturas de los sensores con los instrumentos de referencia y entre sí.
- **Comparación Estacionaria con Datos Regulatorios:** Esta evaluación comparará los datos de los AMN estacionarios de Aclima, ubicados conjuntamente en sitios de monitoreo regulatorio, con las mediciones de esos monitores regulatorios. Esta comparación ayudará a determinar el error de medición y cómo se alinean los datos de Aclima con los datos de la red regulatoria establecida.
- **Comparación Móvil con Datos Regulatorios:** Este análisis implicará la comparación de las mediciones in situ recopiladas por la flota de monitoreo móvil de Aclima cerca de los sitios regulatorios con los datos concurrentes de esos sitios estacionarios. Esto proporcionará información sobre la concordancia entre las mediciones móviles y estacionarias, considerando tanto los errores de medición como la variabilidad espacial y temporal natural de los contaminantes.
- **Comparación de Concentración Ambiental con Datos Regulatorios:** Las estimaciones hiperlocales de concentración ambiental se compararán con las concentraciones promedio a largo plazo de los monitores estacionarios regulatorios. Esto ayudará a evaluar la incertidumbre general en las estimaciones de Aclima, incluyendo factores como el modelado y la dispersión temporal de las mediciones móviles.
- **Análisis de integridad y representatividad:** Se realizará un análisis para mostrar qué tan bien distribuida está la recopilación de datos en las horas del día, los días de la semana y las estaciones. Además, se informará el número de pasadas en cada ubicación.

12.3 Fin del Monitoreo

El monitoreo finaliza cuando se completan las implementaciones para todos los vehículos (AMPs y PMLs). Para determinar el momento apropiado para finalizar el monitoreo en apoyo de este CAMP (dentro de las limitaciones contractuales y de recursos del proyecto SMMI), el equipo de monitoreo evaluará si:

- La cobertura del monitoreo ha excedido el requisito de cobertura porcentual mínima requerida para las comunidades prioritarias dentro del área de monitoreo de este plan.
- Los datos recopilados son suficientemente representativos de la variación estacional, horaria y semanal en toda el área monitoreada, de modo que puedan respaldar los objetivos, subobjetivos y planes de presentación definidos de manera única en este plan de monitoreo.
- Los datos recopilados son suficientemente representativos de la variación espacial en la calidad del aire en toda el área monitoreada, de modo que puedan respaldar los objetivos, subobjetivos y planes de presentación definidos de manera única en este plan de monitoreo.

13. Análisis e interpretación de datos

13.1 Preparación de conjuntos de datos finalizados

Como se describe en la Sección 10 sobre gestión de datos (y en detalle en la documentación de Gestión de Datos en el [Apéndice F](#)), los datos "finalizados" de 1 segundo recopilados por todos los sensores e instrumentos pasarán por varios protocolos de verificación y validación de datos, y pasos de transformación antes de ser descritos como finalizados y puestos a disposición de CARB.

Los datos "finalizados" se definen como señales de sensor transformadas a cantidades geofísicas de medición (Nivel 2a), calculadas utilizando la señal del sensor más las mediciones físicas asociadas directamente relacionadas con el principio de medición, como las mediciones de temperatura y humedad relativa. También se incluirán los datos marcados por artefactos.

13.2 Análisis, interpretación y visualización de datos por Aclima

Los datos de monitoreo móvil recopilados bajo este CAMP tienen como objetivo facilitar acciones enfocadas por parte de las comunidades y CARB, incluido cualquier trabajo futuro para identificar y priorizar ubicaciones para un monitoreo del aire a escala comunitaria más exhaustivo, o desarrollar Programas Comunitarios de Reducción de Emisiones (CERPs).

Para apoyar este posible trabajo futuro, el equipo de monitoreo generará una serie de conjuntos de datos adicionales que pueden ayudar a las comunidades a comprender e interpretar mejor los datos en el contexto de las preocupaciones detalladas en este CAMP. Estos conjuntos de datos se sumarán a los datos finalizados de 1 segundo proporcionados directamente a CARB y requieren un procesamiento adicional como se describe en la Sección 10 de este plan de monitoreo. Estos conjuntos de datos pueden ayudar a identificar y caracterizar fuentes o identificar impactos espaciales y temporales desproporcionados dentro de una comunidad.

A continuación, se presenta una breve descripción de los diferentes enfoques posibles de análisis y visualización utilizados por SMMI. En algunos casos, los enfoques de análisis se corresponden con enfoques de monitoreo específicos, pero puede haber varias combinaciones de enfoques de monitoreo y análisis que podrían seleccionarse para lograr adecuadamente los objetivos de monitoreo deseados.

- **Grupos de detecciones de mejoras en un mapa:** Identificación de ubicaciones de mejoras de contaminantes (altas concentraciones por encima de los niveles de fondo) en un mapa. La agrupación o el agrupamiento de mejoras de contaminantes se refiere a la identificación de ubicaciones donde se detectan múltiples mejoras de los mismos contaminantes en múltiples momentos diferentes durante el monitoreo.
- **Estadísticas sobre detecciones de mejoras:** Valores estadísticos que describen la frecuencia con la que se detectaron mejoras en una ubicación específica. Los ejemplos incluyen el número de detecciones, el número de detecciones por visita o el número de días distintos de detecciones.
- **Gráfico de barras o gráfico circular de especiación química:** Un gráfico de barras o un gráfico circular que indica la concentración relativa de diferentes contaminantes clave de interés en una ubicación específica. Esto puede representar los contaminantes dentro de una detección de mejora, promediados en un grupo de mejoras (es decir, múltiples mejoras en la misma ubicación) o en concentraciones ambientales de aire de fondo.
- **Gráfico diurno de eventos de detección de mejoras:** Este análisis muestra la frecuencia de las detecciones de mejoras en una ubicación particular por hora del día. Este análisis requiere un muestreo equilibrado en diferentes horas del día en la misma ubicación.
- **Gradientes de concentración ambiental sobre transectos de plumas:** Visualización de las concentraciones ambientales a medida que varían en el espacio en la región de sotavento de una pluma de contaminación del aire. Este tipo de análisis generalmente se combina con el enfoque de monitoreo de transectos de plumas, pero un enfoque de encuesta general también puede ser apropiado en ciertas situaciones.
- **Mapa de concentración ambiental de contaminantes clave:** Visualización de un mapa de concentraciones ambientales que son generalmente representativas durante el período de tiempo en que se lleva a cabo el monitoreo. Por lo general, se requiere el método de monitoreo de encuesta general o el monitoreo de área amplia para este tipo de análisis.
- **Gráfico de barras o gráfico circular de desglose químico en toda el área:** Un gráfico de barras o un gráfico circular que muestra la proporción relativa de diferentes concentraciones de contaminantes detectadas en promedio en un área particular cubierta. Por lo general, el método de monitoreo de encuesta general es el más útil para este tipo de análisis.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de formas de visualizaciones de datos finales.

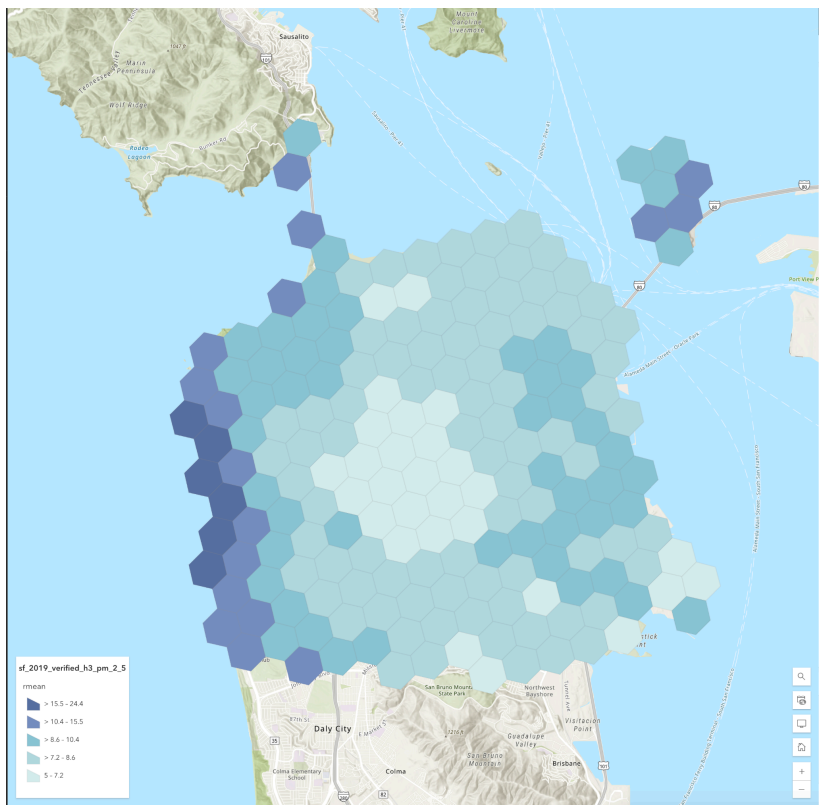


Figura 8: Ejemplo de un mapa de concentración ambiental de PM2.5 sobre un área específica trazado utilizando hexágonos. Datos del mapa © [Mapbox](#), © [OpenStreetMap](#).

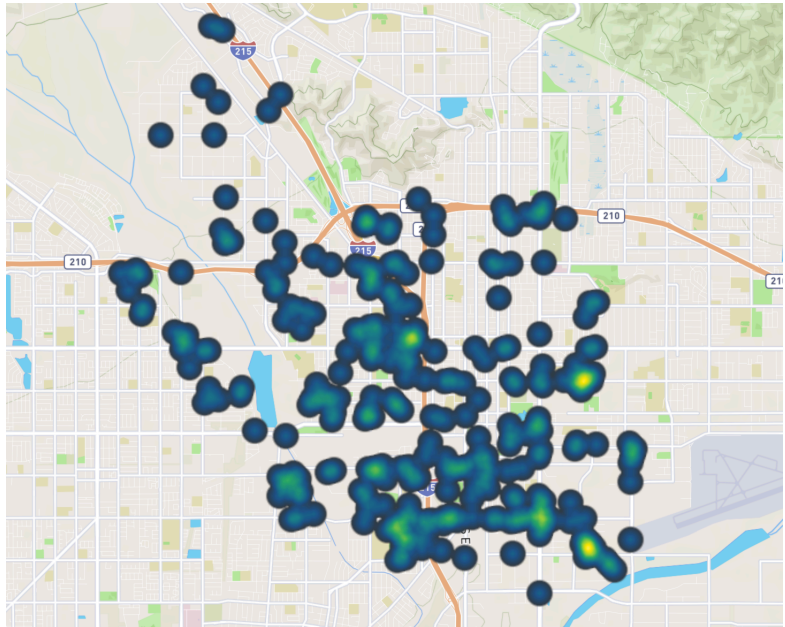


Figura 9: ejemplo de cómo graficar un conjunto de datos basado en mejoras (TVOC) como un mapa de calor. Datos del mapa © [Mapbox](#), © [OpenStreetMap](#).

Los laboratorios PML individuales serán responsables del análisis e interpretación de sus propios datos de 1 segundo, así como de la creación de elementos visuales para el público. La implementación del análisis podría ser ligeramente diferente de un laboratorio a otro.

14. Comunicación de resultados para apoyar la acción

Los datos de monitoreo móvil recopilados en esta comunidad serán analizados y presentados para apoyar acciones enfocadas en reducir las emisiones o la exposición. Esto requiere una visualización accesible, de las cuales Aclima tiene muchas. CARB ha seleccionado ESRI StoryMaps como su plataforma de visualización.

El proyecto ofrece a los Líderes de Participación presupuestos suplementarios para el desarrollo de capacidades y la creación de relaciones, con el fin de fomentar las asociaciones necesarias para traducir los datos en acciones de reducción de emisiones.

14.1 Reporte de altas concentraciones previo a la finalización del contrato

El objetivo de la SMMI no es la alerta en tiempo real. Sin embargo, durante la recopilación de datos, puede haber casos en los que las concentraciones de contaminantes excedan significativamente los niveles esperados. Para abordar estas situaciones, se ha establecido un protocolo de respuesta para garantizar que dichas anomalías se revisen, evalúen y, cuando sea necesario, se mitiguen de manera oportuna en coordinación con las agencias relevantes y las partes interesadas de la comunidad.

Los contaminantes que se incluirán y el protocolo de evaluación y la estructura de informes se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Contaminantes que se incluirán y el protocolo de evaluación y la estructura de informes.

Contaminante	Protocolo de Evaluación Inicial	Reporte de Datos y Comunicación a CARB	Actualizaciones a la Comunidad
Metano/Etano	Aclima: ● Detección de Alerta ○ Detección por encima del umbral por determinar ● Análisis de datos ○ Validación de las mediciones ○ Evaluación de tendencias y datos históricos ○ Evaluación del contexto medioambiental	Aclima: ● Si se considera que la alerta es viable, prepare y envíe el informe: ○ Lugar y hora del evento ○ Detecciones históricas en la zona ○ Clasificación de la fuente de metano (termogénica o biogénica) ○ Descripción del entorno local (uso del suelo, fuentes, características notables)	CARB: ● Los informes resumidos mensuales se publicarán en el sitio web del CARB e incluirán: ○ Resumen de los informes generados ○ Localizaciones y marca de tiempo de las detecciones ○ Resultados del análisis preliminar ○ Medidas adoptadas o seguimiento recomendado

	○ Programar visitas repetidas si es necesario	○ Marcador de posición para el resumen de las conclusiones del CARB y los próximos pasos ● Enviar por correo electrónico el informe completado a los contactos CARB designados en un plazo de 2 a 3 días laborables tras la verificación.	Aclima: ● En el Informe de Fin de Campaña se incluirá un resumen exhaustivo que abarcará: ○ Todos los eventos detectados en el transcurso de la campaña ○ Tendencias históricas ○ Progreso general y esfuerzos de respuesta
TVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles Totales)	Aclima: ● Detección de Alerta ○ Detección por encima del umbral acordado con CARB ● Análisis de datos ○ Validación de las mediciones ○ Evaluación de tendencias y datos históricos ○ Evaluación del contexto medioambiental ○ Mediciones repetidas	Aclima: ● Si se considera que la alerta es viable, prepare y envíe el informe: ○ Lugar y hora del evento ○ Clasificación de VOC (combustión o evaporación) ○ Detecciones históricas en la zona ○ Descripción del entorno local (uso del suelo, fuentes, características notables) ○ Marcador de posición para el resumen de las conclusiones del CARB y los próximos pasos ● Enviar por correo electrónico el informe completado a los contactos CARB designados en un plazo de 2 a 3 días laborables tras la verificación. Nota: Los plazos de presentación de informes pueden variar en función de la instrumentación utilizada, los protocolos de GC/CC y el tiempo necesario para validar los resultados.	CARB: ● Los informes resumidos mensuales se publicarán en el sitio web del CARB e incluirán: ○ Resumen de los informes generados ○ Localización y fecha de las detecciones ○ Resultados del análisis preliminar ○ Medidas adoptadas Aclima: ● En el informe de final de campaña se incluirá un resumen exhaustivo que abarcará: ○ Todos los eventos detectados en el transcurso de la campaña ○ Patrones históricos y tendencias ○ Progreso general y esfuerzos de respuesta

Contaminantes Tóxicos del Aire	PMLs: Detección de Alerta • Detección por encima del umbral (se referirá al límite de exposición permisible a corto plazo (PEL) o al límite de exposición recomendado (REL), según proceda) Análisis de datos • Validación de las mediciones • Mediciones repetidas • Evaluación del contexto medioambiental	PMLs: Si la alerta se considera un evento viable tras el análisis y el seguimiento repetido: • El distrito aéreo será notificado por Aclima inmediatamente después de la verificación del suceso. • Las PML prepararán y presentarán el Informe en un plazo de 3 días a partir de la verificación: ○ Lugar y hora del evento ○ Contaminante y concentración ○ Detecciones históricas en la zona ○ Descripción del entorno local (uso del suelo, fuentes, características notables) Nota: Los plazos de presentación de informes pueden variar en función de la instrumentación utilizada, los protocolos de garantía y control de calidad y el tiempo necesario para validar los resultados.	CARB: • Los informes resumidos mensuales se publicarán en el sitio web del CARB e incluirán: ○ Resumen de los informes generados ○ Localización y fecha de las detecciones ○ Resultados del análisis preliminar ○ Medidas adoptadas Aclima: • En el Informe de Fin de Campaña se incluirá un resumen exhaustivo que abarcará: ○ Todos los sucesos detectados en el transcurso de la campaña ○ Patrones históricos y tendencias ○ Progreso general y esfuerzos de respuesta
---------------------------------------	--	---	---

14.2 Acceso Público a los Datos

Una vez finalizado el contrato, CARB pondrá a disposición del público los datos de monitoreo finalizados a través del sitio web CARB AQview. Los datos para cada región y contaminante se proporcionarán en formato de valores separados por comas (CSV) estandarizado para garantizar una amplia compatibilidad con las herramientas y el software de análisis de datos de uso común. Este enfoque apoya la transparencia, fomenta el análisis independiente y facilita la participación de la comunidad y la academia con los resultados del monitoreo del aire.

14.3 Mapas de Historias Comunitarias

Aclima implementará los datos brutos finalizados y los análisis de datos seleccionados apropiadamente (descritos en las Secciones 13.2 y 13.3) en visualizaciones accesibles en línea, públicas, interactivas y de uso gratuito construidas sobre la plataforma Esri. Estas visualizaciones estarán en formato de una plataforma personalizada construida con

Esri StoryMaps y alojada por CARB. Se dispone de una variedad de análisis para identificar posibles fuentes e identificar ubicaciones de impacto desproporcionado, basándose en los datos recopilados a través del monitoreo de área específica y de área amplia.

14.4 Informe Final

Se entregará un informe final a CARB al final del contrato, el 19 de mayo de 2026. Este informe proporcionará un análisis exhaustivo de los datos recopilados por Aclima y los Laboratorios Móviles Asociados durante la SMMI e incluirá las siguientes secciones:

Resumen Ejecutivo: El informe incluirá un resumen ejecutivo para destacar las conclusiones clave, las recomendaciones o las limitaciones del informe.

Resumen y Cronograma del Monitoreo del Aire: El informe proporcionará un resumen de las actividades de monitoreo del aire realizadas y un cronograma de cuándo tuvieron lugar estas actividades. Esto ofrecerá contexto e información general sobre el proyecto.

Discusión sobre la Recopilación, Validación y Análisis de Datos: El informe detallará cómo se recopilaron los datos de calidad del aire utilizando las plataformas de monitoreo móvil de Aclima y los laboratorios móviles asociados. También explicará los procedimientos de garantía de calidad y control de calidad (QA/QC) implementados para garantizar la integridad de los datos, incluido cómo se validaron los datos. Además, el informe describirá los métodos utilizados para analizar los datos recopilados, incluyendo potencialmente análisis para identificar fuentes de contaminación y áreas de impacto desproporcionado como indicaciones de diésel, puntos críticos de contaminantes tóxicos del aire y fugas de gas natural.

Resumen de Hallazgos y Conclusiones Significativos: El informe presentará un resumen de los hallazgos clave de la campaña de monitoreo del aire. Esto incluirá las concentraciones ambientales y cualquier mejora de la contaminación identificada. Estos hallazgos se presentarán de una manera comprensible para una audiencia no científica.

Recomendaciones y Próximos Pasos: Basándose en los hallazgos, el informe ofrecerá recomendaciones para posibles próximos pasos. Esto puede incluir sugerencias para rastrear el progreso o verificar los resultados logrados por los programas comunitarios de reducción de emisiones, o para futuros esfuerzos de monitoreo más exhaustivos.

Plan de Difusión: El informe describirá cómo se difundirán y discutirán los datos y los hallazgos con los tomadores de decisiones apropiados para que la información pueda conducir a las acciones deseadas para la reducción de emisiones y la mejora de la salud pública. Esto incluirá el uso de visualizaciones de datos de acceso público, como ESRI Storymaps. El informe también mencionará la reunión pública virtual organizada para explicar los resultados del proyecto y discutir los posibles próximos pasos.

Aportaciones de las Partes Interesadas: El informe técnico final incorporará las aportaciones de las partes interesadas de toda la iniciativa, incluyendo el Grupo de Expertos del Proyecto, los representantes de la comunidad, los funcionarios de calidad del aire y los líderes de justicia ambiental.

Accesibilidad: Aclima considerará las necesidades de accesibilidad del documento impreso, como el texto alternativo y el diseño de color.

El informe se proporcionará a CARB tanto en formato PDF como en el formato electrónico original.

Apéndices

Los apéndices completos están disponibles aquí: <https://aclima.earth/smmi-camp-appendices>

- Apéndice A: Plan de participación comunitaria de SMMI (CEP)
- Apéndice B: Asignación de kilometraje comunitario de SMMI
- Apéndice C: Sistema de garantía de calidad de Aclima
- Apéndice D: Validación de estimación de concentración ambiental hiperlocal de Aclima y sistema de garantía de calidad
- Apéndice E: Sistema de garantía de calidad de productos de datos basados en mejoras hiperlocales de Aclima
- Apéndice F: Plan de gestión de datos de Aclima
- Apéndice G: Plan de proyecto de garantía de calidad (QAPP) y planes de gestión de datos del laboratorio móvil asociado
- Apéndice H: Enfoque para asignar estudios de área específicos
- Apéndice I: Tabla completa de contaminantes e instrumentación
- Apéndice J: Documentación de comentarios y respuestas del público